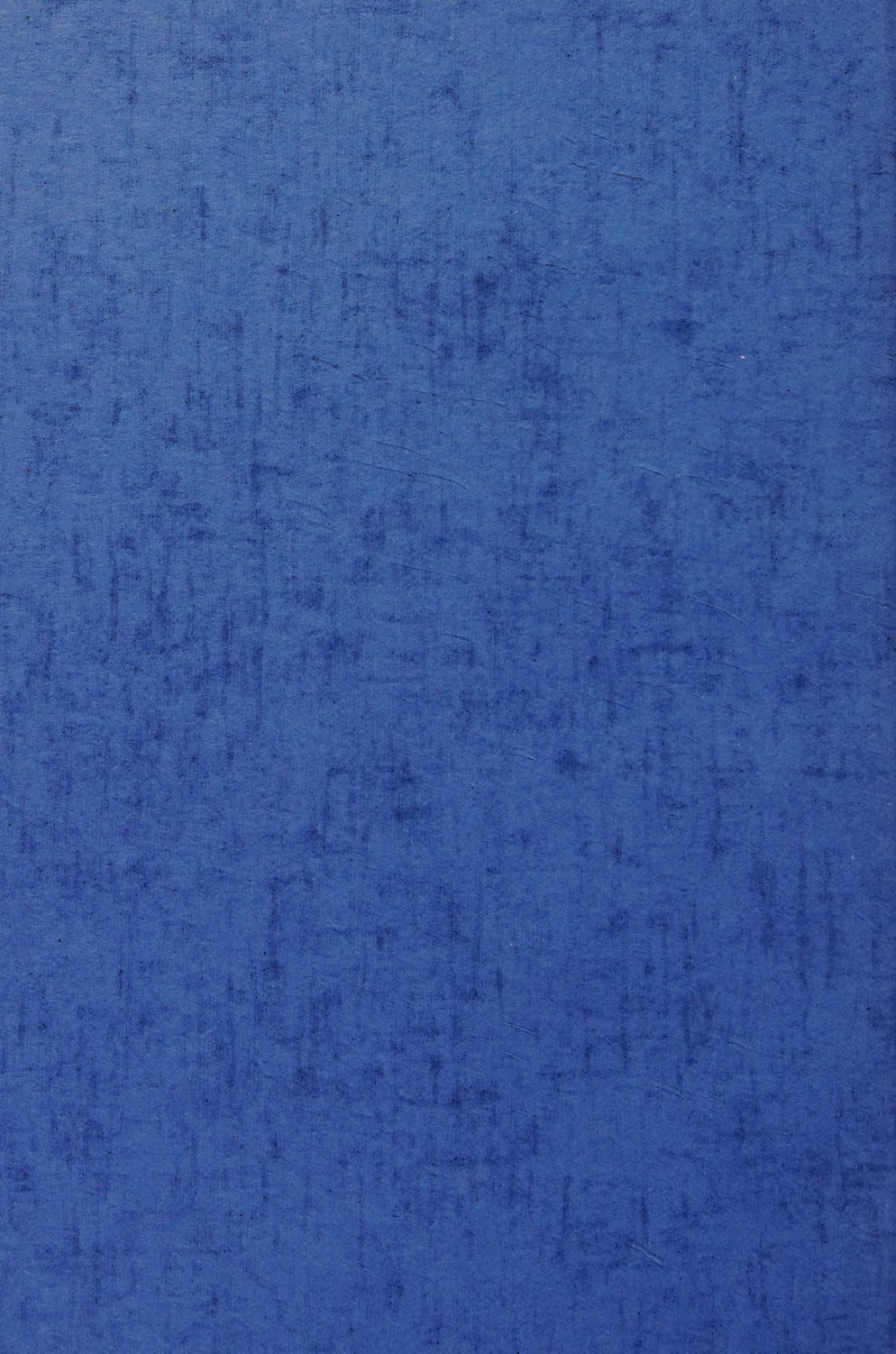


**GEOCHEMISCH-LAGERSTÄTTENKUNDLICHE
UNTERSUCHUNGEN
AN SCHWERSPATVORKOMMEN DES
SÜDWESTDEUTSCHEN
GRUND- UND DECKGEBIRGES**

Hans Jürgen Fazakas

1976



GEOCHEMISCH - LAGERSTÄTTENKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN
AN SCHWERSPATVORKOMMEN DES SÜDWESTDEUTSCHEN
GRUND - UND DECKGEBIRGES

INAUGURAL - DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DES DOKTORGRADES

DES

FACHBEREICHES GEOWISSENSCHAFTEN

DER

LUDWIG - MAXIMILIANS - UNIVERSITÄT

MÜNCHEN



VORGELEGT VON

HANS JÜRGEN FAZAKAS

MÜNCHEN 1976

1. Berichterstatter: Prof. Dr. D. D. Klemm
2. Berichterstatter: Prof. Dr. H. G. Huckenholz

Tag der mündlichen Prüfung: 1. Juli 1976



Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand auf Anregung meines verehrten Lehrers Herrn Prof.Dr.D.D.Klemm.

Für alle Anregungen und freundlichen Unterstützungen möchte ich mich aufrichtig bedanken.

Herrn Prof.Dr.K.Schmidt danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und wissenschaftlicher Geräte.

Den Herren Dr.I.Fruth, Dr.S.Schiemenz und Dr.K.Weber-Diefenbach danke ich für die Unterstützung bei Laborarbeiten.

Nützliche Hinweise und Unterstützungen bekam ich von Herrn M.Fettel (Heppenheim), meinen Kollegen Herren Dipl.Min. K.Derkmann und Dr.T.v.Schwarzenberg. Ihnen gilt mein aufrichtiger Dank.

Herrn Obersteiger L.Armbruster sei für die freundliche Unterstützung bei der Befahrung der Grube "Clara" bei Oberwolfach vielmals gedankt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	-I-
I. Einleitung	1
1. Geologische Übersicht	1
2. Geschichte des Schwerspatbergbaus	4
3. Problemstellung	5
4. Untersuchungsmethoden	5
II. Beschreibung der Schwersparvorkommen und ihrer Mineralführung	8
1. Schwerspatgänge im kristallinen Grundgebirge	8
1.1 Mineralführung	9
2. Schwerspatvorkommen im Zechstein	13
2.1 Mineralführung	14
3. Schwerspatgänge im Buntsandstein	15
3.1 Mineralführung	15
4. Kluftfüllungen von Schwerspat und Kalkspat im Frankensteiner Gabbro-Dioritzzug (nördlicher Odenwald)	16
5. Zusammenfassung aus den Untersuchungen der Mineralparagenesen	18
III. Geochemie	21
1. Geochemische Untersuchungen der Baryte	21
1.1 Überblick	21
1.2 Strontium	22
1.3 Blei	32
1.4 Eisen	34
1.5 Nickel, Kobalt, Kupfer und Zink	35
2. Geochemische Untersuchungen an Nebengesteinen von Schwerspatgängen	37
2.1 Überblick	37
2.2 Untersuchungsergebnisse	38
3. Spezielle Untersuchungen an dem Barytvorkommen von Hummetroth (Odenwald), im Hinblick auf das physiko-chemische Verhalten von Barium	41

4.	Zusammenfassung der geochemischen Untersuchungen	49
IV.	Untersuchungen an verkieselten Schwerspattgängen	52
1.	Erzmineralführung	53
2.	Geochemische Untersuchungen	53
V.	Genetische Betrachtungen	57
VI.	Analysenmethodik	62
VII.	Literaturverzeichnis	64
	Tabellenanhang	71
	Bildanhang	

Zusammenfassung

Schwerspatvererzungen des südwestdeutschen Grund- und Deckgebirges (Spessart, Odenwald und mittlerer Schwarzwald) wurden mineralparagenetisch und vor allem geochemisch untersucht.

Unabhängig von dem durchsetzten Nebengestein zeigen fast alle Barytgänge auffällige paragenetisch-geochemische Ähnlichkeiten, die sich sowohl in Mineralvergesellschaftungen wie auch Mineralabfolgen äußern. Trotz einiger Unterschiede (Barytvererzungen im Zechstein) läßt sich für die meisten Vorkommen, ausgenommen der Kluftfüllungen im nördlichen Odenwald, das Standard-Parageneseschema von BAUMANN & LEEDER (1969) anwenden.

Die Mineralparagenesen entstammen hydrothermalen Lösungen, deren Bildungstemperaturen auf Grund ihrer Zusammensetzung im meso- bis epithermalen Bereich anzunehmen sind.

Die Einflüsse der chemisch aktiven Lösungen auf die Nebengesteine äußern sich sowohl in Anreicherungs- als auch in Verarmungshöfen spezifischer Leitelemente.

Die "Pseudomorphosenguarz"-Gänge des Odenwaldes werden als sekundäre Verquarzungsvorgänge ehemaliger Schwerspatgänge angesehen, die mit zum Teil erheblichen Erzzufuhren verbunden sind.

Die epigenetischen Schwerspatvorkommen des Arbeitsgebietes gehören zusammen mit zahlreichen anderen Vorkommen Mitteleuropas zum postvariszischen (saxonischen) Mineralisationszyklus im Sinne von BAUMANN (1972).

Konkrete Hinweise bezüglich einer zeitlichen Einstufung der Mineralisationsabläufe sind nicht gegeben.

Abstract

The mineralparagenetic and special geochemistry of barite deposits of south west Germany (Spessart, Odenwald and middle Black Forest) within baserocks and sedimentary covers are described.

Independent of the intersperesed wall rocks, nearly all baritemotions point out paragenetic and geochemical liknesses, which is expressed in minerals as well as in secvences of formations.

In spite of differences (Zechstein barite deposits) one paragenetic model by BAUMANN & LEEDER (1969) can be used for all deposits, except for the joint fillings in the northern Odenwald.

The mineral paragenesis is based on hydrothermal solutions, the temperatures of formations can be assumed upon their consistency in the meso- and epithermal range.

The influences of active chemical solutions on the wall rocks are visible both in the concentrations and in the deconcentrations of specific elements.

The "Pseudomorphosenquartz"-joints of the Odenwald are regarded as secondary silification processes of former barite joints, which are partly joined with sizable ore supply. The epigenetic barite deposits of the researched area belong together with numerous other deposits of Central Europe to postvariscis (saxonic) mineralogical cycles, as BAUMANN (1972) has written.

Detailed directions concerning a timed clasification of mineralization processes are not given.

I. Einleitung

1. Geologische Übersicht

Die südwestdeutschen Grundgebirge: Spessart, Odenwald und Schwarzwald bilden den zentralen Teil des europäischen Variszikums.

Spessart und Odenwald gehören der saxothuringischen Zone an. Der Schwarzwald liegt im Bereich der europäischen Zentralschwelle und bildet einen Teil des Moldanubikums.

Der Schwarzwald und Odenwald werden im Westen durch den Oberrhein-Graben begrenzt, während der Spessart durch ein System annähernd N-S verlaufender Randverwerfungen von der Mainebene getrennt wird.

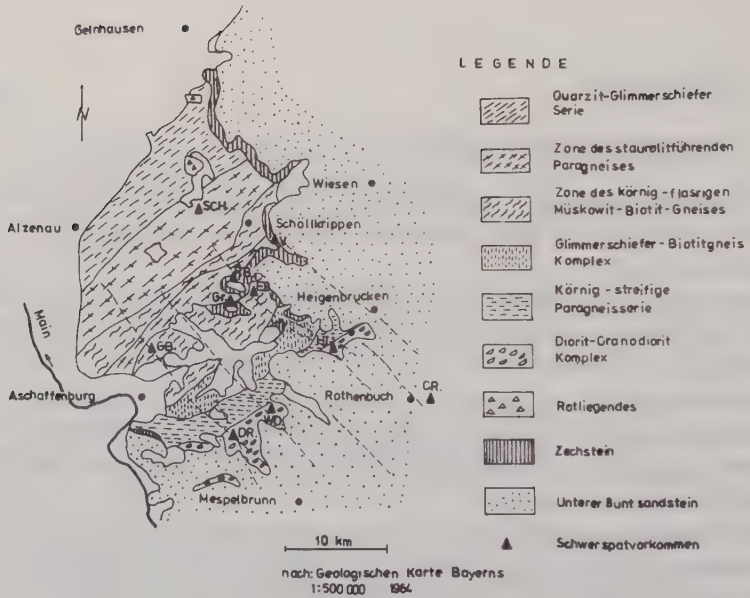
Nach Osten zu tauchen die aus präkambrischen und paläozoischen Schiefern und Gneisen, Graniten, Granodioriten und Dioriten bestehenden Grundgebirgsmassen unter mächtige Sedimentserien.

Die Deckgebirgshülle der kristallinen Grundgebirge bilden unterschiedliche Sedimentationsabfolgen (Karbon - Trias). Bei der Betrachtung der Untersuchungsgebiete (Abb. 1, 2) fallen zwei vorherrschende Strukturelemente auf. Die allgemeine Streichrichtung der kristallinen Grundgebirge ist SW-NO gerichtet (erzgebirgisch). Das Variszikum und Deckgebirge zeigen saxonische Bruchtektonik mit überwiegend herzynisch (SO-NW) ausgerichteten Verwerfungen.

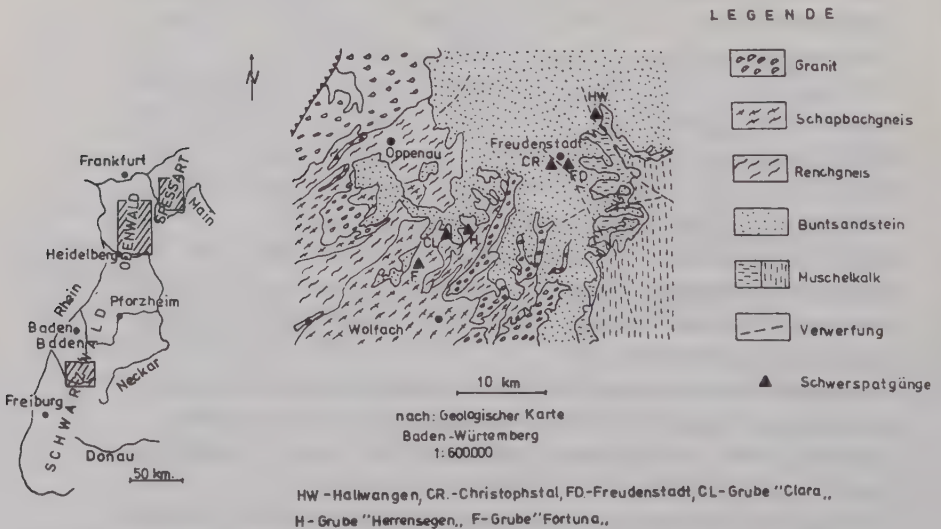
An diese herzynisch streichenden Linimente sind die Schwerspatvorkommen gebunden. Daneben treten in den Zechsteinabfolgen des Deckgebirges schichtkonkordante Schwerspatmineralisationen auf.

Die genetischen Vorstellungen der Barytvorkommen älterer Arbeiten weichen weitgehend voneinander ab (v. KRAATZ-KOSCHLAU 1897, DELKESKAMP 1900, BÄRTLING 1911, v. ENGELHARDT 1936, SCHNEIDERHÖHN 1949, OELSNER 1956 u.a.).

In jüngeren Zeiten wird versucht die Vorkommen im gesamten mitteleuropäischen Variszikum einer einheitlichen genetischen Deutung zu unterwerfen (BAUMANN & LEEDER 1969, 1972).

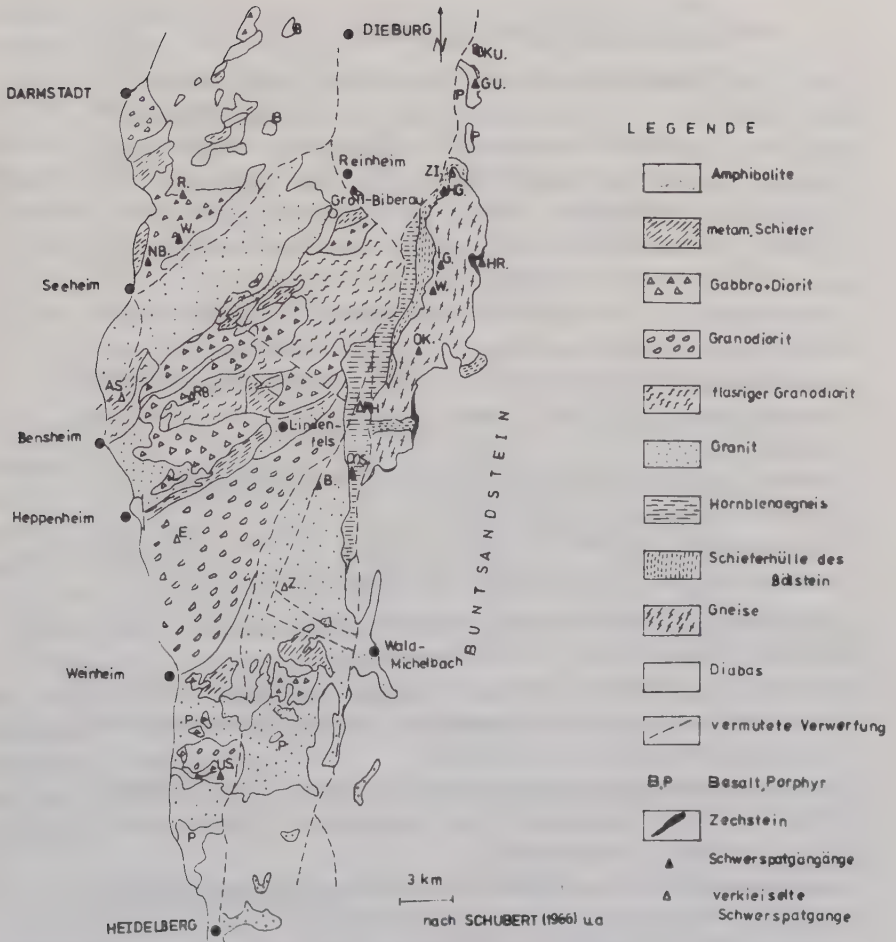


CT-Halde "Grube Christiane" bei Rechtenbach, DR-Dörmorsbach, EB-Eichenberg, GD-Goldbach, GR-Grüenberg, HI-Hain, RT-Rottenberg, SCH-Schnepfen, WD-Waldaschaff, V-Vormwald



HW-Halwangen, CR-Christophstal, FD-Freudenstadt, CL-Grube "Clara",
H-Grube "Herrensegen", F-Grube "Fortuna",

Abb.1: Geologische Übersichtskarte des mittleren Schwarzwaldes und Spessart, mit eingetragenen Fundorten der untersuchten Proben.



AS-Auerbacher Schloß, B-Brombach, E-Erbach, GB-Groß Biberau, GU- Groß Umstadt,
G- Gumpers berg, HG- Hering, HR- Hummetroth, KU- Klein Umstadt, NB- Nieder Beerbach,
R- Nieder Ramstadt, RH- Reichelsheim, OK- OberKainsbach, OOS- Ober Ostern,
RB- Reichenbach, US- Ursenbach, W- Weillbach, Z- Zozenbach, ZI- Zipfen

Abb.2: Geologische Übersichtskarte des Odenwaldes, mit eingetragenen Fundorten der untersuchten Proben.

2. Geschichte des Schwerspatbergbaus

Zahlreiche Schwerspatgänge des mittleren Schwarzwaldes waren seit dem 13. Jahrhundert Ziel eines regen Bergbaubetriebes (HOFFMANN 1956). Die stillgelegten Gruben des Freudenstädter- und Neubulacher Gangreviers galten wahrscheinlich (BÄRTLING 1911) den sekundär angereicherten Silber-, Kupfer- und Kobalterzen und weniger dem Schwerspat.

Der Bergbau der einzigen, im Schwarzwald noch in Betrieb befindlichen Schwerspatgrube "Clara" bei Oberwolfach, ist urkundlich aus dem Jahre 1652 belegt. Nach mehrfachen Stilllegungen kam die Grube im Jahre 1909 in den Besitz der Fam. Schulte und Co.

Im Jahre 1926 übernahm die Sachtleben AG den Betrieb der Grube, der heute noch andauert.

Die Produktion der Grube "Clara" betrug 1972/1973: Schwerspat roh 56.095 t, Schwerspat absetzbar 42.154 t.

Umfangreiches Datenmaterial über den Schwerspatabbau des Odenwaldes hat FETTEL (1975 a) gesammelt.

Im gesamten Odenwald kamen im 19. Jahrhundert eine Vielzahl Kleinbetriebe mangels finanzieller Mittel und bergbautechnischer Erfahrungen zum Erliegen.

Größere Abbauversuche wurden von den Firmen "Grisse/Hagen" (1922-1927) und "Spatwerke und Erdfarben AG" (1932-1934) bei Schriesheim unternommen.

Den wirtschaftlichsten Schwerspatbergbau erbrachten die Gänge bei Klein Umstadt (1839-1931), deren Abbau durch Kleinbetriebe Anfang des 20. Jahrhunderts von der Firma "Rheinische Fluß- und Schwerspatwerke Ludwigshafen" übernommen wurde. Zahlreiche spätere Versuche den Bergbau neu ins Leben zu rufen blieben ohne Erfolg.

Der Schwerspatabbau im Spessart dürfte um die Mitte des 15. Jahrhunderts bekannt geworden sein (WEINELT 1962). Die gegen Ende des 18. Jahrhunderts angelegten Gruben, z.B. "Spessart Glück" bei Dörmorsbach, "Pauline" bei Waldaschaff, "Elisabeth" bei Hain u.a., erlangten eine

gewisse bergwirtschaftliche Bedeutung. Abnehmende Gangmächtigkeiten, verbunden mit Transport- und bergbautechnischen Schwierigkeiten, brachten den Abbau mit Beginn des Jahres 1909 zum Erliegen.

Die im Buntsandstein aufsetzenden Gänge des östlichen Spessarts wurden hauptsächlich bei Rechtenbach (Grube "Christiana") und bei Heigenbrück (Grube "Marie") mit einer, für das Jahr 1970 angegebenen, Schwerspatproduktion von 11.138 t bzw. 5.851 t abgebaut; allerdings sind alle Gruben in den letzten Jahren stillgelegt worden.

3. Problemstellung

Es waren die Schwerspatvorkommen und "Pseudomorphosenquarz"-Gänge im südwestdeutschen Raum (Spessart, Odenwald und mittlerer Schwarzwald) auf Mineralparagenesen und geochemischen Verhalten der Haupt- und Spurenelemente im Gangbereich und Nebengestein zu untersuchen.

Besondere Berücksichtigung galt den Barytlagen der Zechsteinabfolgen, deren paragenetische Merkmale Gemeinsamkeiten mit den Ganglagerstätten aufweisen.

Es sollte versucht werden mögliche gemeinsame geochemische Parameter für die Vererzungen des kristallinen Grund- und Deckgebirges aufzufinden.

Die gesammelten Daten sollten zur Klärung der Genese dieser Vorkommen beitragen.

4. Untersuchungsmethoden

Die in den Arbeiten von BÄRTLING (1911), HENGLEIN (1924), SCHNEIDERHÖHN (1949, 1953), BARTZ (1950) und WEINELT (1962) beschriebenen Schwerspatvorkommen sind heute leider zum großen Teil verfallen.

So mußten die lagerstättenkundlichen und geochemischen Untersuchungen auf den noch im Abbau befindlichen Schwerspatgang der Grube "Clara" bei Oberwolfach, der noch offengelassenen Stollen Christophstal-Schotterwerk, Ober Ostern, Waldaschaff, sowie den Steinbrüchen Freudenstadt-Kurmittel-

haus, Reichenbach, Ursenbach, Nieder Ramstadt-Wingertsberg, Nieder Beerbach-Mühlberg, Groß Biberau-Forstberg, Hummetroth, Rottenberg-Hufgardscher Steinbruch und Gräfenberg beschränkt bleiben.

Die Baryt- und Quarzgänge wurden intensiv in Profilen beprobt. In einigen Untersuchungen wurde das Nebengestein einbezogen.

Die geochemischen Untersuchungen wurden mit Hilfe der Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA), Atom-Absorbtions-Analyse (AAS) und Atom-Emissionsspektral-Analyse durchgeführt.

Bei mangelnden oder verfallenen Aufschlußverhältnissen wurden Lesesteine und Haldenproben als Vergleichsmaterial herangezogen. Daraus ergab sich die Möglichkeit, bei weitgehender Übereinstimmung der Untersuchungsergebnisse, Betrachtungen und Aussagen einzelner isolierter Vorkommen in einem gemeinsamen, größeren geologischen Rahmen anzuführen.

Tab.1: Verzeichnis der Probennahmepunkte

Nr.	Vorkommen	Meßtischblatt	R.W.	H.W.
	<u>Schwarzwald</u>			
1	Hallwangen	Freudenstadt	3463,48	5372,57
2	Christophstal	Freudenstadt	3455,58	5369,88
3	Freudenstadt	Freudenstadt	3456,35	5369,13
4	Grube "Clara"	Oberwolfach	3443,76	5360,44
5	Hald.Grube "Herrensegen"	Oberwolfach	3445,60	5360,87
6	Hald.Grube "Fortuna"	Oberwolfach	3440,20	5356,60
	<u>Odenwald</u>			
7	Brombach	Lindenfels	3487,85	5502,05
8	Erbach	Lindenfels	3476,47	5500,46
9	Groß Biberau	Neunkirchen	3488,20	5517,10
10	Groß Umstadt	Groß Umstadt	3496,25	5526,86

Tab.1: Fortsetzung

Nr.	Vorkommen	Meßtischblatt	R.W.	H.W.
11	Gumpersberg	Brensbach	3494,18	5514,95
12	Hering	Groß Umstadt	3494,80	5519,67
13	Hummetroth	Brensbach	3496,20	5515,15
14	Klein Umstadt	Groß Umstadt	3498,00	5528,15
15	Auerbacher Schloß	Zwingenberg	3473,74	5507,10
16	Nieder Beerbach	Neunkirchen	3478,03	5517,82
17	Nieder Ramstadt	Darmstadt Ost	3478,30	5521,70
18	Reichelsheim	Lindenfels	3488,90	5506,43
19	Reichenbach	Neunkirchen	3477/78	5508,00
20	Ober Kainsbach	Brensbach	3491,60	5510,00
21	Ober Ostern	Erbach	3489,50	5503,79
22	Ursenbach	Birkenau	3479,68	5513,60
23	Wallbach	Brensbach	3494,08	5513,60
24	Waschenbach	Darmstadt Ost	3479,55	5518,65
25	Zipfen	Groß Umstadt	3496,38	5520,37
26	Zotzenbach	Lindenfels	3484,04	5496,63
	<u>Spessart</u>			
27	Eichenberg	Schöllkrippen	3518,46	5544,68
28	Goldbach	Schöllkrippen	3513,23	5541,52
29	Hain	Schöllkrippen	3523,65	5540,87
30	Dörmorsbach	Haibach	3516,67	5535,30
31	Schneppen	Schöllkrippen	3515,43	5551,15
32	Rechtenbach	Rothenbuch	3534,07	5538,45
33	Rottenberg	Schöllkrippen	3417,51	5544,85
34	Gräfenberg	Schöllkrippen	3416,50	5543,65
35	Vormwald	Schöllkrippen	3519,20	5548,60
36	Waldaschaff	Haibach	3521,00	5538,08

II. Beschreibung der Schwerspatvorkommen und ihrer Mineralführung

Die Schwerspatvorkommen im südwestdeutschen Grund- und Deckgebirge (Spessart, Odenwald und mittlerer Schwarzwald) lassen sich auf Grund struktureller und mineralparagenetischer Merkmale, sowie der von ihnen durchsetzten Nebengesteinskomplexen in vier verschiedene Gruppen unterteilen:

1. Schwerspatgänge im kristallinen Grundgebirge

In allen Fällen erscheinen die Schwerspatvorkommen der kristallinen Grundgebirge (mittlerer Schwarzwald, Odenwald und Spessart) als Gangfüllungen herzynisch streichender, (NW - SO) saiger bis steil einfallender Verwerfungsspalten und Klüften.

Abgesehen von dieser Bindung an Bruchzonen sind petrographische Unterschiede für das Auftreten der Gangvorkommen bedeutsam. Im gleichen Bereich zeigen nämlich sprödere Gesteine, wie z. B. Gneise, Granite und Diorite, eine stärkere Häufung von Gängen als Schiefer und glimmerreiche Gneise. Im Böllsteiner Odenwald und Spessart kommt diese Selektivität gut zum Ausdruck (Abb. 1,2).

Mit Mächtigkeiten von einigen cm bis 6,5 m (Grube "Clara" bei Oberwolfach) weisen alle Gänge eine Zonierung von meist monomineralischen Barytlagen auf. Kennzeichnend für die Grube "Clara" sind rhythmische Wiederholungen der Mineralausscheidungen. Es handelt sich dabei um Wechsellagerungen zwischen Gangart (Baryt und Flußspat) und Erzminerale (Fahlerz, Kupferkies u. a.).

Hervorgerufen durch mehrfaches Aufreißen der Spalten kommt es zu einer bilateral-symmetrischen Abscheidung der Mineralparagenesen. Der Aufbau vollzieht sich mit unterschiedlichen Mächtigkeiten vom Salband gegen die Gangmitte, dem eine gleichgerichtete Altersfolge entspricht.

Der normale Ablauf dieser rhythmischen Wechsellagerungen

kann lokal durch stark zersetzte, meist verkieselte, Nebengesteinsbreccien unterbrochen werden. Verkittet von der jeweiligen Mineralausscheidung können solche Bruchstücke in den Gängen von Ober Ostern, Waldaschaff und "Clara" beobachtet werden.

1.1 Mineralführung

Baryt

An Hand der Kristalltrachten, Farben und Mineralparagenesen lassen sich mehrere Barytgenerationen unterscheiden. Diese Aufgliederung wird durch die Ergebnisse der Spurenelementkonzentrationen gestützt (Kap. III).

In den Odenwälder Gängen und auch im "Clara"-Gang bei Oberwolfach tritt als früheste Spaltenfüllung ein rosafarbener, massiger, in regelloser Textur auftretender, Schwerspat (Baryt I) auf. Die mittel- bis feinkristallinen Kristallindividuen sind eng miteinander verwachsen.

Eine symmetrische Ausscheidung an beiden Salbändern ist nicht immer gegeben. Gelegentlich tritt Baryt I im Liegenden oder Hangenden nur geringmächtig 10 - 20 cm oder gar nicht auf. Diese Baryt I-Lagen machen 10 - 15 % der gesamten Gangmächtigkeit aus.

Parallel zueinander verlaufende Wechsellagerungen zwischen schwach rosa und durch Hämatiteinschlüsse intensiver rot gefärbten Baryts sind häufig, vor allem in Salbandnähe. Andererseits kann eine lokal begrenzte Bänderung durch Wechsellagerungen von massigen Schwerspat und Quarzeinschlüssen hervorgerufen werden.

Die Hauptfüllung der Gänge (bis 70 %) bildet ein weiß bis hellrot gefärbter Schwerspat (Baryt II). Die Kristallgrößen können sehr verschieden sein. Meist liegen massig, kleinspätige Aggregate vor, die bis zu grobtafeligen Kristallen wechseln können. Im Odenwald (Ober Kainsbach) und Spessart (Waldaschaff) treten gelegentlich große (Kantenlänge 5 - 15 cm) Kristalle auf.

Charakteristisch für den "Clara"-Gang bei Oberwolfach sind die Wechsellagerungen zwischen Baryt II und Flußspat, sowie erzreichen und erzärmeren Barytlagen, die für ein Variieren der physikalisch-chemischen Lösungsbedingungen sprechen. Auf das Fehlen der Bänderung in den untersuchten Gängen des Odenwaldes und Spessarts deuten dagegen nur geringe Schwankungen während der Kristallisationsphasen hin.

Der in der Mitte der Gänge anzutreffende Baryt (Baryt III) besteht in der Regel aus einer netzartigen Verwachsung gut ausgebildeter Kristallindividuen (Kantenlänge 15 cm und mehr). Der Habitus ist tafelig, die Kristallflächen sind stets von Eisen und Manganoxiden überzogen.

In Form von Apophysen und auf feinen Klüften durchsetzt Baryt III die älteren Generationen. Gelegentlich ist diese jüngste Barytausscheidung durch ein diskontinuierliches rotes Lettenband von Baryt II getrennt (z. B. Groß Biberau). Vereinzelte Fiederspaltendurchsetzungen durchsetzen die lagigen Abfolgen über die Salbänder hinaus ins Nebengestein, wo sie nach einer gewissen Entfernung auskeilen. Lokale Öffnungen dieser Trümmchen führen kleine, gelblich bis wasserklare "Meiselspäte", die als Sekundärbildungen anzusehen sind.

Flußspat

Innerhalb der Gänge im kristallinen Grundgebirge hat Flußspat gegenüber Schwerspat eine wesentlich geringere Verbreitung.

Er tritt meistens in Paragenese mit den älteren Barytgenerationen auf. Die Kristalltracht ist idiomorph. An den Korngrenzen zu Schwerspat können Korrosionsbuchten auftreten (Taf. 1, Abb. 1).

Im "Clara"-Gang/Oberwolfach, wo Flußspat eine relativ größere Verbreitung als in den Gängen des Odenwaldes und Spessarts aufweist, kommen derbe, lagenförmige Abfolgen vor. Darin sind Drusen und Hohlräume ausgebildet, die hellblaue, klare Fluoritwürfel führen können.

Quarz

Quarz ist in allen Gängen und Mineralisationsabfolgen vorhanden.

Er zeigt vereinzelt idiomorphe Ausbildung oder tritt in Form feiner Tapeten auf. Der Hauptgemengenteil an Quarz befindet sich auf den Korngrenzen der Barytkristalle und weist Korngrößen im 10 μ m-Bereich auf. Kennzeichnend sind seine Verdrängungstendenzen (Taf. 1,2 Abb. 2,3). Parallel zur Hauptsplaltbarkeit, den Spaltrissen und Kristallkorn-grenzen verlaufend, kann dieser bis zur pseudomorphen Verdrängung nach Schwerspat führen (Taf. 2 Abb. 4). Andererseits (Taf. 3 Abb. 5) tritt Quarz auf feinen, parallel zueinander verlaufenden, kataklastischen Rissen im Baryt auf.

Dieser feinkörnige Quarz ist als sekundär mobilisiert im Rahmen des "hydrothermalen Nachhalls" zu deuten.

Stellenweise (z. B. bei Hering und Ursenbach) hat Chalcedon Risse und Klüfte ausgeheilt: Kennzeichen einer niedrig thermalen (kolloidalen) Entstehung.

Vereinzelte Trümmchen und Nester mit gut ausgebildeten Kristallen, sowie Verkieselungen des Nebengesteins, sind stets zu beobachten.

Bleiglanz

Vereinzelte grobkörnige Aggregate von Bleiglanz sind nur auf der Halde der Grube "Fortuna" im Gelbach zu finden. Ein großer Teil der allotriomorphen Bleiglanzkörner ist in Cerussit umgewandelt. Covellinflitterchen, die auf Bleiglanz und Cerussit aufliegen sind nach RAMDOHR (1955) einer zementativen Umbildung zuzuschreiben.

Fahlerz

Als xenomorph-lappige Aggregate tritt Fahlerz in allen Gängen des mittleren Schwarzwaldes auf. Mit Kupferkies eng verwachsen wird Fahlerz randlich durch Covellin verdrängt. In den Gängen des Odenwaldes und Spessarts konnte kein

Fahlerz nachgewiesen werden. OKRUSCH & WEINELT (1965) erwähnen das Auftreten von Fahlerz bei Hain und Vormwald im Spessart.

Kupferkies

Kupferkies ist das häufigste Erzmineral. Die höchsten Konzentrationen sind an die älteren Barytgenerationen gebunden. In den Gängen des mittleren Schwarzwaldes ist Kupferkies eng mit Fahlerz vergesellschaftet, den er randlich verdrängt. Kupferkies ist sekundär zum Teil in Covellin und Kupferglanz umgewandelt.

Im Odenwald (Ober Kainsbach, Ober Ostern) und Spessart (Waldaschaff, Hain) trifft man dagegen vereinzelte Körner von Kupferkies an.

Pyrit und Markasit

Pyrit mit Markasit bildet ein Gemenge von allotriomorphen Einzelkörnern. Kataklastisch beanspruchte Pyrite sind randlich von Brauneisen umgeben. Idiomorphe Einzelkristalle von Pyrit sind stets in Salbandnähe der Gänge anzutreffen.

Hämatit

In einigen Vorkommen treten im Nebengestein und in den ersten Barytgenerationen mm bis cm mächtige Eisenglanz führende Quarztrümmchen auf. Dünne Hämatitschuppen, in strahlig eng verfilzten Aggregaten ausgebildet, sind oft verbogen und von einem Brauneisensaum umgeben.

Manganoxide

Psilomelan, Pyrolusit zusammen mit Wad sind die häufigsten Manganminerale. Faserige, oft radialstrahlige, Pyrolusitaggregate sind stets mit Brauneisen vergesellschaftet. Psilomelan tritt hauptsächlich in glaskopffartigen Massen auf.

Brauneisen

Brauneisen ist als Kluftbesteg Verkittungsmittel von Schwerspatbreccien oder als Umlagerungsprodukt der beschriebenen Erzminerale in allen Gängen anzutreffen. Überwiegend treten traubig-nierige, krustenförmig angelegte Massen auf.

2. Schwerspatvorkommen im Zechstein

Gegenüber den beschriebenen Schwerspatgängen im kristallinen Grundgebirge ist das Erscheinungsbild der Barytvorkommen in den Zechsteinabfolgen des Spessarts und Odenwaldes anderer Art.

Wie aus den geologischen Karten (Abb. 1, 2) zu ersehen ist, sind die herzynisch angelegten Störungen durch das Deckgebirge durchgepaust. Im Spessart bei Rottenberg und Gräfenberg treten geringmächtige (bis 0,30 m), NW - SO streichende, mit Baryt besetzte Spalten auf, deren Fortsetzung nur einige m zu verfolgen ist.

Bei Rottenberg (Hufgardscher Steinbruch) kann man senkrecht zur Schichtung aufsetzende Barytgängchen beobachten, die nach einer gewissen Erstreckung zerfasern und in horizontale Lagen umbiegen. Diese für die Zechsteinvorkommen charakteristischen Erscheinungsbilder wurden von MURAWSKI (1954) als "Schwerspatbäume" bezeichnet. Die Platznahme des Schwerspates in Horizontallagen aus senkrechten Spalten führt den Autor zur Überzeugung, daß die bariumführenden Lösungen in den Zechsteinabfolgen azendenten Ursprungs sind.

In den meisten Fällen jedoch bilden die Barytvorkommen bei Rottenberg, Gräfenberg und Hummetroth (Odenwald) schichtkonkordante Lagen. Dabei handelt es sich um diskontinuierliche Lagen, Butzen oder aneinandergereihte Schwerspatnester.

Bei Hummetroth existieren horizontalgebundene Schwerspatmineralisationen, während bei Rottenberg und Gräfenberg diffus in den Zechsteinabfolgen (Dolomit) eingesprengte schichtkonkordante Nester vorzufinden sind.

Die Schwerspatlagen, Butzen und Nester weisen in dem dolomitischen Zechsetin durchwegs Umkristallisationserscheinungen gegen das umliegende Nebengestein, in Form von cm mächtigen Säumen, auf. Für die Genese der Zechsteinvorkommen ergeben sich daraus wichtige Anhaltspunkte, die in Kap. III, 3 eingehend diskutiert werden.

2.1 Mineralführung

Der Schwerspat ist in Form grobtafeliger, weiß bis rötlich gefärbter, Kristalle ausgebildet. Bei Hummetroth treten fächerförmig angeordnete Kristallaggregate auf, die mit Eisen und Manganoxiden vergesellschaftet sind.

Im Spessart können verschiedene Schwerspatgenerationen innerhalb derselben Lagen und Nester nicht ausgeschieden werden. Dagegen befinden sich bei Hummetroth über den horizontal gebundenen Schwerspatlagen, im Abstand von ca. 40 cm eine Fe-Mn-Ablagerung (bis max. 10 cm mächtig), die von Schwerspatkristallen durchwachsen ist und als eine weitere Generation gedeutet wird (siehe dazu auch Kap. III, 3).

Milchweiße bis hellgelbe Barytkristalle, die auf den oben angeführten fächerförmigen Kristallaggregaten ausgeschieden wurden, sind als sekundäre Mobilisationen anzusehen.

Neben vereinzelt Körnern von Pyrit und Kupferkies, deren Umwandlungsprodukte Malachit seltener Kupferlazur beschreibt WEINELT (1965) bei Rottenberg, Arsenfahlerz und Enargit.

Genetisch sind die spärlich verteilten primären sulfidischen Erze mit der Barytausscheidung in Verbindung zu bringen.

Idiomorphe Kalkspatkristalle, als jüngste Mineralausscheidung gedeutet, überziehen stellenweise die Schwerspatkristalle. In den untersuchten Zechsteinvorkommen konnten keine Flußspatkristalle nachgewiesen werden. Wie aus den Arbeiten von OKRUSCH & WEINELT (1965) hervorgeht, konnten jedoch hellgrüne bis blasgrüne Kristalle bei Ober Sommerkahl (Spessart) aufgefunden werden.

3. Schwerspatgänge im Buntsandstein

Die Bindung der Schwerspatvorkommen an herzynisch streichende Bruchsysteme ist auch im Falle der im Buntsandstein auftretenden Schwerspatgänge gegeben.

Die Häufigkeit dieser Vorkommen, im Vergleich zu denen der kristallinen Grundgebirge, ist viel geringer. Bemerkenswert erscheint dabei, daß mit zunehmender Entfernung vom Grundgebirge, folglich mit Zunahme der Deckgebirgshülle, die Barytgänge fast völlig fehlen (östlicher Schwarzwald) oder nur in vereinzelter, meist nicht abbauwürdigen, Gängen auftreten (östlicher Odenwald, BARTZ 1950).

Ausgehend von der Tatsache, daß "Sulfatgesteine" wie auch "Karbonate" die Ausfällung des Schwerspates aus bariumführenden Lösungen begünstigen und der Weitertransport in die darüberliegenden Schichten somit weitgehend behindert wird, sieht GUNZERT (1961) im petrographischen Aufbau des Untergrundes die Ursache für die unregelmäßige regionale Verteilung. MURAWSKI (1954) und WEINELT (1962) suchen die Erklärung in der abdichtenden Wirkung der Bröckelschiefer (unterer Buntsandstein).

Im östlichen Spessart treten einige abbauwürdige Schwerspatgänge (Neunhütten und Rechtenbach) entlang intensiver Verwerfungsspalten auf. Mit Gesamtsprunghöhen von 40 - 100 m (WEINELT 1962) ergeben sich hier nach GUNZERT (1961) "geeignete tektonische Verhältnisse", die das Aufdringen der bariumführenden Lösungen ermöglichen. Offensichtlich wird die abdichtende Wirkung des Bröckelschiefers durch tektonische Beanspruchung weitgehend reduziert.

Die Art der Gangfüllungen ist identisch mit den Gangvorkommen der kristallinen Grundgebirge. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen 0,30 - 15,00 m ("Clara"-Gang im Buntsandstein).

3.1 Mineralführung

Die im Buntsandstein (Hauptbuntsandstein und Hauptkonglomerat) auftretenden Schwerspatgänge des mittleren

Schwarzwaldes (Freudenstädter Gangrevier, Abb. 1) weisen zwei Barytgenerationen auf, die mit der angeführten Beschreibung von Baryt II und Baryt III (S. 9 - 10) übereinstimmen.

Aus den Aufschlußverhältnissen der Grube "Clara" (HOFFMANN 1956 und LIST 1969) ist die Barytgeneration I nur in den Gangvererzungen des kristallinen Grundgebirges beschrieben worden.

Erzmikroskopische Untersuchungen dieser Vorkommen ergaben dieselben Mineralparagenesen wie die des Grundgebirges. Es wird daher nicht weiter darauf eingegangen.

Im Bereich des östlichen Odenwaldes (Weschnitz und Falkengesäß) sind einige Lesesteine gefunden worden, sie erlauben jedoch keine Aussage über die Art der Mineralführung dieser Vorkommen.

Bei der Erläuterung der Schwerspatgänge im Spessart, bei Rechtenbach, Neunhütten und Heigenbrück ist man weitgehend auf Literaturangaben angewiesen, da der Abbau eingestellt wurde.

Nach MURAWSKI (1954) und TEUSCHERT & WEINELT (1972) besteht der Mineralinhalt aus zwei Generationen Schwerspat, blaß-blaugrünem Flußspat, Quarz, Kupferkies, Pyrit, Hämatit und gelegentlich Fahlerz.

HESS (1973) erwähnt drei Generationen von Baryt, wobei die dritte Generation an ein gangparalleles, diskordant zum Hauptgang einfallendes Kluftsystem gebunden ist. Lagerstrukturen wie Bänderungen innerhalb der einzelnen Schwerspatlagen, deuten auf mehrphasige Mineralisationszyklen hin.

4. Kluftfüllungen von Schwerspat und Kalkspat im Frankenstein Gabbro-Dioritzug (nördlicher Odenwald).

Im nördlichen Odenwald treten vereinzelt Schwerspat, Kalkspat und Quarz führende Erzgänge im Bereich des Frankenstein Gabbro-Dioritzuges auf, die bei KLEMM (1923), RAMDOHR (1924) und MEISL (1975) erwähnt sind.

Geringmächtige, schwerspatführende Klüfte konnten in den Steinbrüchen "Wingertsberg" bei Nieder Ramstadt, "Mühlberg" bei Nieder Beerbach und Waschenbach beobachtet werden. Es handelt sich dabei um ausschließlich herzynisch streichende ($N 20^{\circ} - 50^{\circ} W$) Gangscharen. Das Einfallen ist steil bis saiger.

Die Gänge sind stark zerstückelt und ihre Schwerspatführung erscheint unregelmäßig und absätzig. In Form von Linsen und Nestern, mit Mächtigkeiten, die zwischen 5 - 30 cm schwanken, wird die Gangfüllung in ihrer vertikalen Erstreckung von Kluftletten und hereingebrochenen Nebengestein durchsetzt.

Die Mineralführung besteht aus Quarz, lokal mit spärlichen Pyritkörnern vererzt und Schwerspat zusammen mit Kalkspat. Stellenweise tritt Baryt gegenüber Calcit völlig zurück. Baryt ist mittel bis grobspätig ausgebildet, und weist stets kataklastische Rissbildungen auf. Die Farbe ist weiß bis leicht rötlich.

Parallel zu den schwerspatführenden Klüften ist im Steinbruch "Wingertsberg" bei Nieder Ramstadt ein zweites, ebenfalls herzynisch streichendes, Fiederspaltensystem zu beobachten. Diese Fiederspalten sind Träger lokaler sulfidischer Erz-anreicherungen, deren Auftreten sowohl vom Nebengestein als auch von tektonischen Faktoren abhängig sind (MEISL 1975). Erzmikroskopische Untersuchungen ergaben folgende Mineralparagenesen: Pyrit, Bornit, Kupferkies, Tenantit, Bleiglanz ± Zinkblende und Covellin. Räumlich von den angeführten Sulfiden getrennt konnten vereinzelte idiomorphe Kristalle von Speiskobalt (Skutterudit) beobachtet werden.

BÜLTEMANN & WUTZLER (1968) und STRECKER (1971) beschreiben ähnliche Paragenesen mit Uranpecherz und Coffinit. Als Gangart treten Kalkspat, durch Hämatit rot gefärbter Chaledon und Quarz auf.

Ähnliche Mineralparagenesen der schwerspatführenden Gänge von Hohensachsen (FETTEL 1973 a) und Schriesheim (LEVIN 1975) machen einen engen Zusammenhang mit diesen Vererzungen sehr wahrscheinlich.

Nach STRECKER (1971) werden jedoch für die Mineralgänge im Steinbruch "Wingertsberg" bei Nieder Ramstadt mehrere tektonische Phasen beschrieben und Zeitdifferenzen in der Ausscheidung der Paragenesen angenommen.

Ein Vergleich mit den angeführten Schwerspatvorkommen im Grund- bzw. Deckgebirge ist somit nicht möglich was die geochemischen Untersuchungen bestätigen (siehe Kap. III).

5. Zusammenfassung aus den Untersuchungen der Mineralparagenesen

Der Mineralisationsablauf in den Schwerspatlagerstätten des mittleren Schwarzwald, Odenwald und Spessart ist eng mit der Ausbildung der saxonischen Bruchtektonik verknüpft.

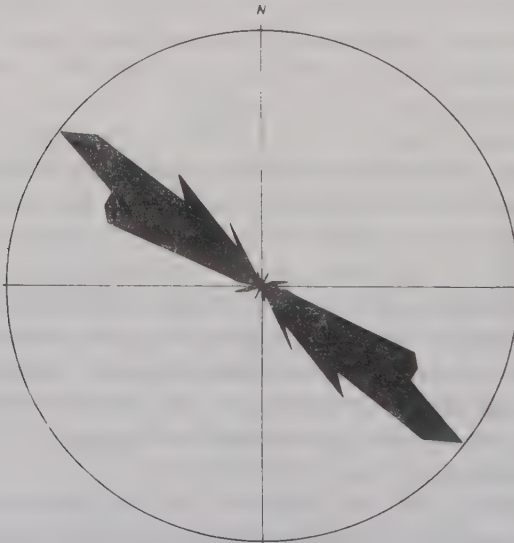


Abb.3: Kluftrose von 53 schwerspatführenden Gängen (114 Messwerte), aus eigenen Messwerten ($n = 70$) und Arbeiten von HOFFMANN (1956), LIST (1969), WEINELT (1962) u.a., wie geologischen Karten.

Es handelt sich überwiegend um herzynisch streichende (Abb. 3), gangförmige Bildungen deren tektonische Stellung auf eine regionale Zusammengehörigkeit hindeutet.

Diese Einheit wurde schon von SCHNEIDERHÖHN (1949), GUNZERT (1961), BAUMANN & LEEDER (1969) u.a. unterstrichen.

Nach den bisherigen Untersuchungen der Mineralparagenesenverteilung, wiedergegeben in Abb.4, wird ersichtlich, daß Mineralabfolgen wie auch Mineralvergesellschaftungen eine weitgehende Übereinstimmung in den drei stratigraphischen Abscheidungsbereichen (kristallines Grundgebirge, Zechstein und Buntsandstein) aufweisen.

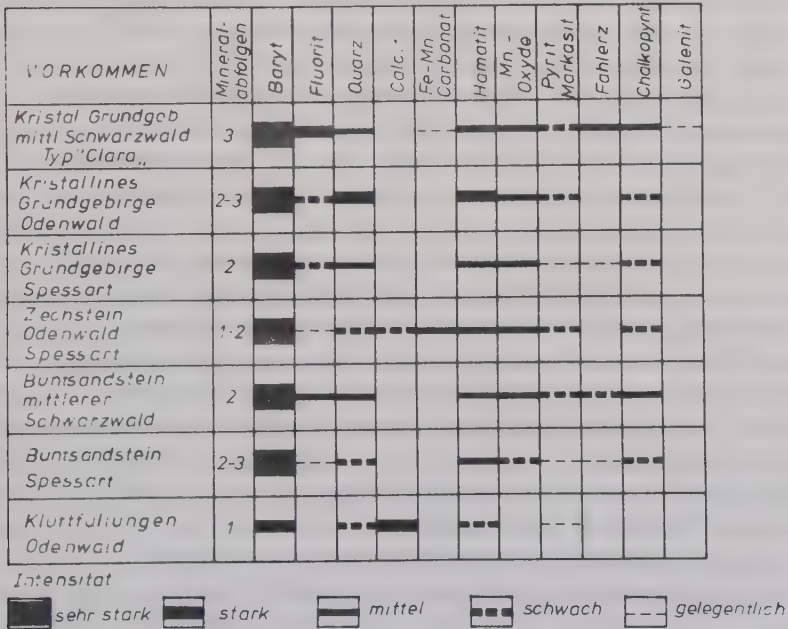


Abb.4: Verteilung der Mineralparagenesen
Erläuterung im Text.

Bei Betrachtung der Vorkommen ist festzustellen, daß einzelne Barytgenerationen, die Nebengemengteile (wie Flußspat, Kalkspat und Erzminerale) fehlen oder in geringen Konzentrationen vorhanden sind.

Es ist anzunehmen, daß neben physiko-chemischen Unterschieden, wie Einflüsse der Nebengesteine auf die chemische Zusammensetzung der Zubringerlösungen auch ein räumlicher Fazieswechsel innerhalb der einzelnen Lagerstätten vorliegt, deren Erkennung durch fehlende oder zu geringe Teufenaufschlüsse verhindert wird.

Die Mineralparagenesen der Schwerspatvererzungen im kristallinen Grundgebirge und Deckgebirge, sowie die Barytmineralisationen in den dolomitischen Zechsteinabfolgen (Abb. 4) mit ihren karbonatischen Umkristallisationshöfen (siehe dazu auch Kap. III, 3), weisen auf hydrothermale Bildung hin. Nach Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen hydrothermal gebildeter Baryte (SAUKOV 1953), und nach SCHNEIDERHÖHN (1962), liegen die Bildungstemperaturen im meso- bis epithermalen Bereich.

Angesichts der Mineralparagenesen der untersuchten Schwerspatvorkommen ergibt sich eine Parallelisierung mit den von BAUMANN & LEEDER (1969) vorgeschlagenem "Paragenese-standard" der mitteleuropäischen Fluorit-Baryt Lagerstätten. Das Auftreten von Baryt, Flußspat, Quarz $\pm$ Fe-, Cu-, Pb-Sulfiden, zusammen mit geringen Mengen von Eisen- und Manganoxiden (Grube "Clara", Freudenstädter Gangrevier, Oberkainsbach, Ober Ostern und Waldaschaff) ordnet diese Vorkommen dem "fba Typ" (Fluorit-Baryt Phase) zu.

Die große Anzahl der im kristallinen Grundgebirge des Odenwaldes und Spessarts auftretenden Gänge (Hering, Wallbach, Klein Umstadt, Groß Biberau, Oberbessenbach-Dörmorsbach und Eichenberg), wie auch die Gängchen und Barytlagen im Zechstein mit Anreicherungen von Eisen-Manganoxiden und Karbonatführung, entsprechen dem "eba Typ" (Eisen-Baryt Phase).

Die Kluftmineralisationen in dem nördlichen Odenwald weisen, wie in Abb. 4 zu ersehen ist, keinerlei Beziehungen zu den oben beschriebenen Paragenesen auf.

III. Geochemie

1. Geochemische Untersuchungen der Baryte

1.1 Überblick

In den letzten 20 Jahren wurden mehrfach systematische Untersuchungen über das Verhalten von Spurenelementen in Baryten durchgeführt. Die Untersuchungen bezogen sich vorwiegend auf die Verteilung von Strontium, Calcium, mitunter auch Blei, die adsorptiv oder durch Isomorphiebeziehungen zum Barium als Gastelement im Schwerspat auftreten.

Geochemische Bearbeitungen von BAUMANN (1957), WERNER (1958), BOLDUAN (1961), GUNDLACH (1959), TISCHENDORF (1962) u.a., über das Verhalten von Spurenelementkonzentrationen in verschiedenen Schwerspatlagerstätten Mitteleuropas erbrachten Hinweise über Bildungsbedingungen und Abscheidungsrichtungen der Lösungen.

Es bestand daher die Möglichkeit auch für die hier untersuchten Barytvererzungen, deren analytische Ergebnisse in Abb. 5 - 9 graphisch dargestellt sind, hinsichtlich ihrer Spurenelementführung genetische Aussagen zu erhalten.

Der Vergleich einzelner Vorkommen aus dem kristallinen Grundgebirge und Deckgebirge des mittleren Schwarzwaldes, Odenwaldes und Spessarts sollten zeigen, inwieweit die Spurenelementführung und -gehalte eine Parallelisierung ermöglichen.

Die Profile der Probennahme erstreckten sich über die ganze Mächtigkeit der Gänge und wurden senkrecht zu den Salbändern vom geologisch Liegenden zum geologisch Hangenden angelegt. In derselben Richtung erfolgte auch die Bezeichnung der Proben.

Eine Ausnahme macht das Profil des Ganges vom Christophstal (Steinbruch Schotterwerk, Abb. 9 b); ungünstige Aufschlußverhältnisse ermöglichten nur eine teilweise Beprobung der Vererzungen (ca. 2/3 der Gesamtmächtigkeit).

Der Schwerspatgang der Grube "Clara" (9. Stollen, Abb. 5)

wurde in zwei Querprofilen beprobt, die ca. 200 m in der Gangerstreckung voneinander entfernt liegen.

In allen Querprofilen lagen die Probennahmepunkte in Abständen von 3-max. 10 cm.

Die Profile des Schwerspatganges im Christophstal (Steinbruch Schotterwerk, Abb. 9a) liegen in vertikaler Erstreckung zweier Schwerspatlagen, zugehörig den Barytgenerationen I und II. Der Abstand der Probennahmepunkte beträgt 15 - 45 cm. Die Schwerspatlage der Generation I liegt 10 cm vom Salband entfernt; 35 cm davon, gegen die Gangmitte zu, erstreckt sich die Schwerspatlage der Generation II. Die Mächtigkeiten der beiden Schwerspatlagen schwanken zwischen 5 - 9 cm.

Die Barytproben der untersuchten Profile waren makroskopisch und auf Grund ihrer Abscheidungsfolge im Gang den angegebenen Generationen eindeutig zuzuordnen.

Die Analysenergebnisse sind in Tab. 8 beigelegt.

1.2 Strontium

Die beiden isotypen Kristallarten BaSO_4 und SrSO_4 kristallisieren im orthorombischen System und sind isomorph. Trotz der Differenzen der Ionenradien (Ba 1,43 Å, Sr 1,12 Å) resultieren annähernd gleich große Elementarzellen von BaSO_4 und SrSO_4 (RAMDOHR 1967) sowie eine lückenlose Mischbarkeit, die sowohl an Schmelzen (GRAHMANN 1920) als auch an Lösungen im T-Bereich (GOLDSCHMIDT 1938, STARKE 1964) bestätigt wurde.

Strontium als wichtigstes Gastelement aller natürlicher Baryte tritt mit unterschiedlichen Konzentrationen auf. TISCHENDORF (1955) und GUNDLACH (1959) stellten Generationsabhängigkeiten der Strontiumwerte einzelner Schwerspatgenerationen von größeren und geringeren Teufen innerhalb einzelner Schwerspatgänge sowie Gangreviere fest.

WERNER (1958) vermochte sogar an Hand unterschiedlicher Sr-Gehalte eine Trennung zwischen variszischen Baryten (SrSO_4 unter 3,5 %) und saxonischer Baryte (SrSO_4 über 4,0 %)

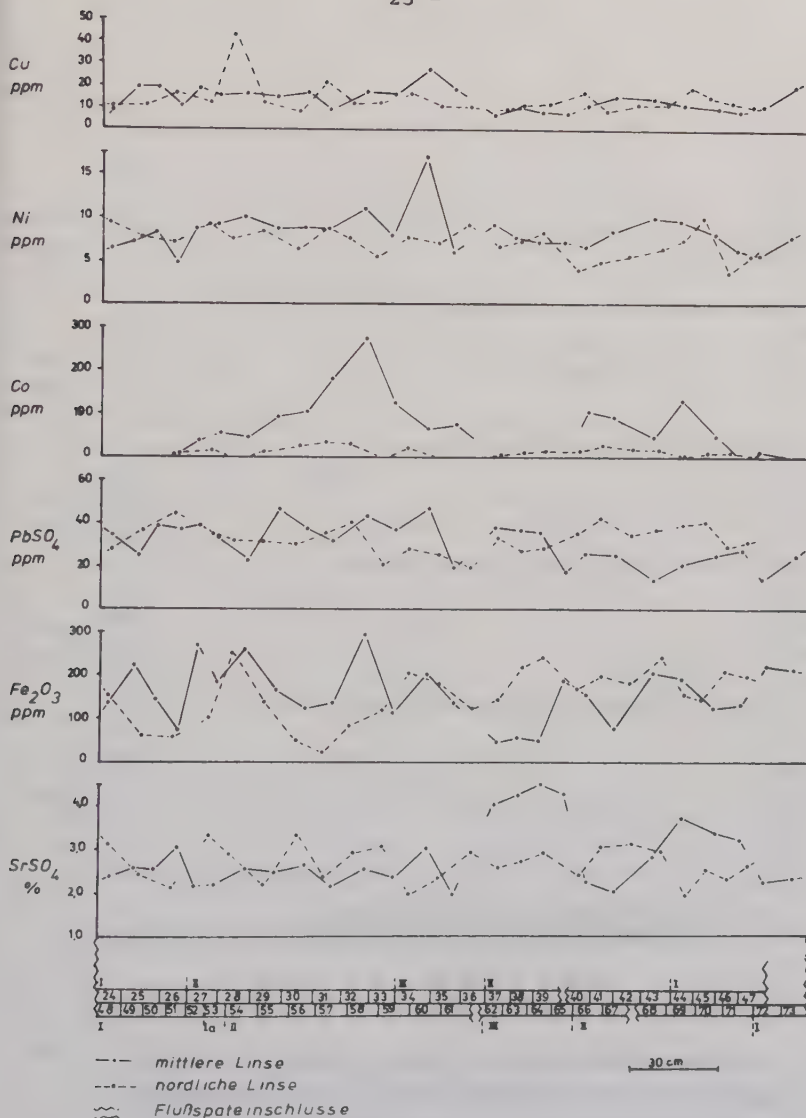


Abb.5: Die Verteilung von SrSO_4 , Fe_2O_3 , PbSO_4 , Co, Ni und Cu in den einzelnen Barytgenerationen der Schwerspatlagerstätte "Clara" bei Oberwolfach (9. Stollen). Mächtigkeit: Nördliche Linse 2,30 m, Mittlere Linse 3,80 m. $125^\circ - 145^\circ / 85^\circ - 90^\circ$ NO. Nebengestein: Paragneis. Barytgenerationen: I=rötlich, meist gut gebändert. II=weiß, rötlich, lagig. III=weiß, massig.

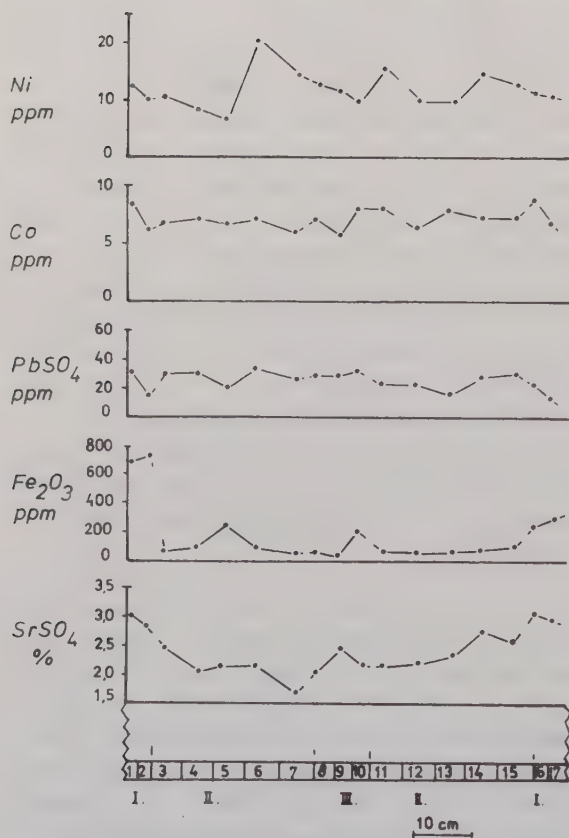


Abb.6: Die Verteilung von SrSO_4 , Fe_2O_3 , PbSO_4 , Co und Ni in den einzelnen Barytgenerationen des Schwerspatganges von Ober Ostern (Odenwald).
 Mächtigkeit: 0,75 m. $150^\circ/70^\circ$ SW.
 Nebengestein: Blotitgranit.
 Barytgenerationen: I=rot, lagig. II=weiß, rötlich, massig. III=weiß, massig.

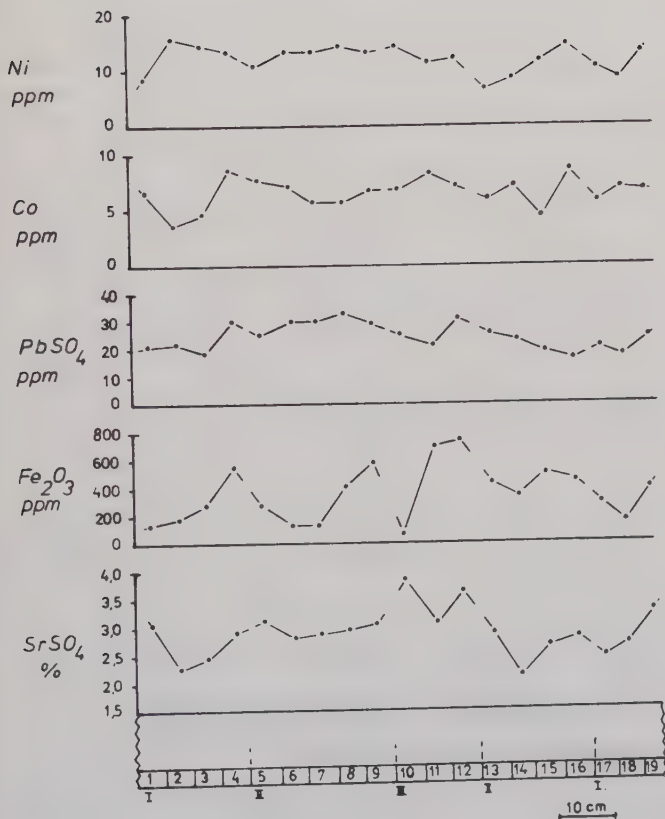


Abb.7: Die Verteilung von SrSO_4 , Fe_2O_3 , PbSO_4 , Co und Ni in den einzelnen Barytgenerationen des Schwerspatganges von Groß Biberau/Steinbruch Forstberg (Odenwald).

Mächtigkeit: 0,95 m. 145°/85° NO.

Nebengestein: Amphibolit.

Barytgenerationen: I=rot, feinlagig. II=rötlich, lagig. III=weiß, massig.

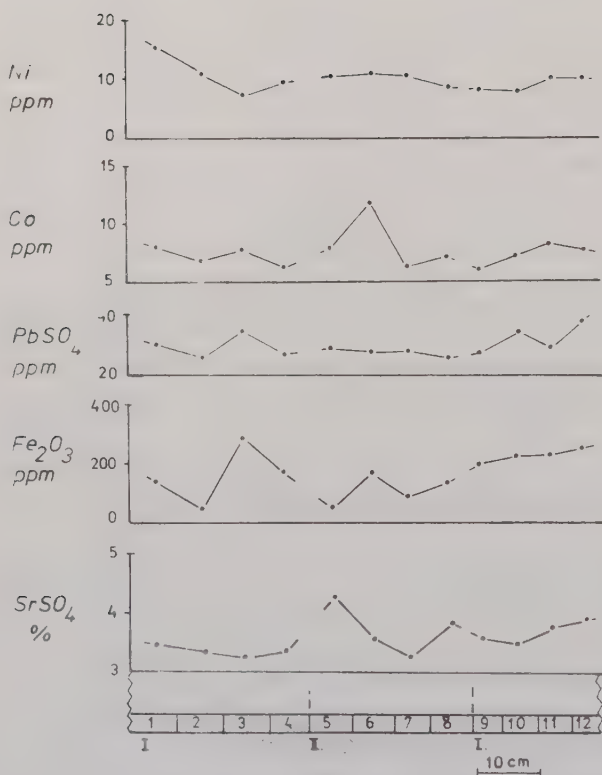


Abb.8: Die Verteilung von SrSO_4 , Fe_2O_3 , PbSO_4 , Co und Ni in den einzelnen Barytgenerationen des Schwespatganges von Waldaschaff (Spessart).
Mächtigkeit: 0,80 m. $110^\circ/86^\circ \text{ NO}$.
Nebengestein: Aplitgranit.
Barytgenerationen: I=weiß, lagig. II=weiß, massig.

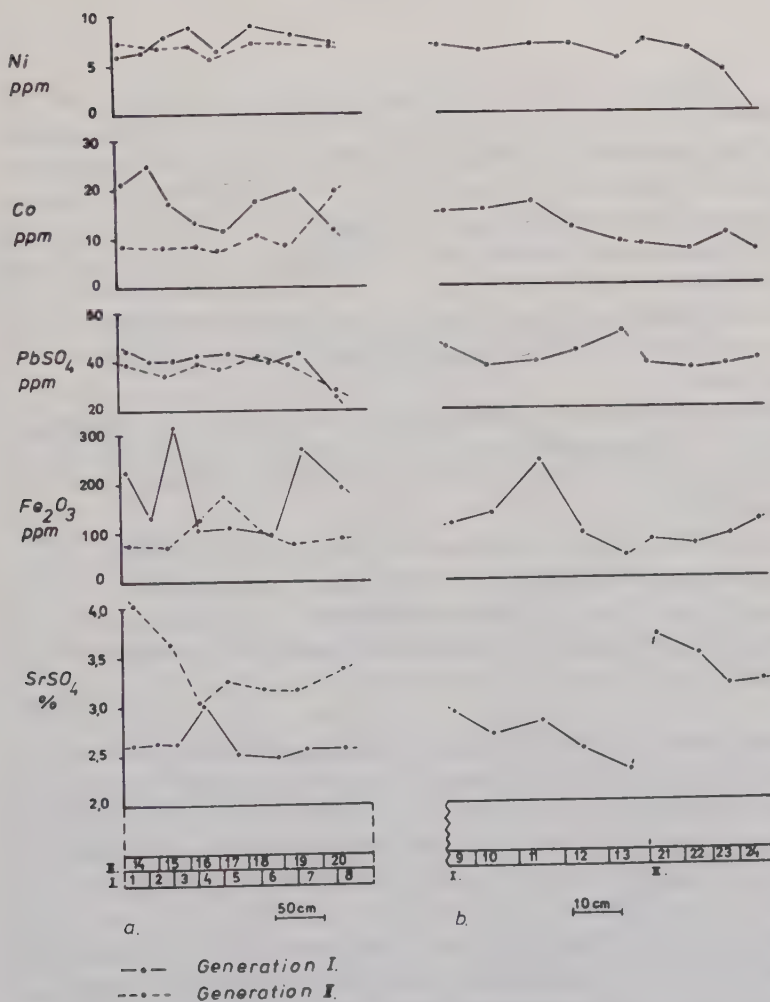


Abb.9: Die Verteilung von SrSO_4 , Fe_2O_3 , PbSO_4 , Co und Ni in den einzelnen Barytgenerationen des Schwespatganges im Christophstal/Steinbruch Schotterwerk bei Freudenstadt (Schwarzwald).
 a.=vertikales Profil. b.=horizontales Profil.
 Mächtigkeit: 1,20 m. $120^\circ/70^\circ$ SW.
 Nebengestein: Buntsandstein (Hauptbuntsandstein).
 Barytgenerationen: I=rötlich, lagig. II=weiß, massig.

vorzunehmen.

Wie aus den ermittelten Querprofilen (Abb. 5 - 9) ersichtlich ist gilt als Regel, daß im Verlauf der Ausscheidungen einer Barytgeneration die SrSO_4 -Gehalte abnehmen. Dem gegenüber gibt es Proben (Abb. 5 Probenreihe 48 - 51, 27 - 33, und Abb. 8, Probenreihe 5 - 9) die überraschenderweise einen andersgearteten Trend zeigen die dem makroskopischen und mikroskopischen Generationszuordnungen entgegengesetzt sind.

Selbst innerhalb eines Generationsbereiches, sowohl im Streichen (Abb. 5, Probenreihe 34 - 36, 62 - 65) als auch senkrecht dazu (Abb. 9a), zeichnen sich z.T. unterschiedliche SrSO_4 -Gehalte ab.

Die weiten Schwankungen (bis maximal 50 %) der oben angeführten Beispiele können nach STARKE (1964) durch lokale Bildungsunterschiede wie Temperatureffekte, Konzentrationschwankungen von Strontium, sowie Änderungen des pH-Wertes der Lösungen und Nebengesteinseinflüssen hervorgerufen werden.

Die allgemeine abnehmende Tendenz der SrSO_4 -Gehalte innerhalb einer Generation wird beim Einsatz einer anderen durch ein meist sprunghaftes Ansteigen der SrSO_4 -Werte gekennzeichnet (z.B. Abb. 9b). Diese Sprünge von Generation zu Generation vollziehen sich mit unterschiedlichen SrSO_4 -Intervallen.

Es darf ein Zusammenhang zwischen Aufstiegsort der Zubringerlösungen und den erhöhten SrSO_4 -Gehalten angenommen werden, was im Einklang zu den Untersuchungen von GUNDLACH & STOPPEL (1966) und GUNDLACH & WEISSER (1965) steht.

Hiernach bringt ein sprunghaftes Ansteigen der SrSO_4 -Gehalte Hinweise auf eine erneute Abscheidungsfolge.

Die von STARKE (1964) an Barytproben verschiedener mitteleuropäischer Vorkommen ermittelten SrSO_4 -Gehalte liegen zwischen 0,9 % und 12 %. Es ergibt sich ein rechnerischer Durchschnittsgehalt von 2,13 %. Allgemein liegen die Durchschnittsgehalte der einzelnen Barytvorkommen zwischen 2 % und 3 % SrSO_4 .

Ein Überblick über die SrSO_4 -Werte der hier untersuchten Schwerspäte sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Die Baryte des Ganges von Ober Ostern ergeben mit durchschnittlich 2,9 % SrSO_4 (I. Generation), 2,2 % SrSO_4 (II. Generation) bzw. 2,2 % SrSO_4 (III. Generation) eine Abnahme der Gehalte von den älteren zu den jüngeren Generationen.

Tab.2: Die SrSO_4 -Gehalte in den Barytgenerationen der untersuchten Schwerspatgänge

Vorkommen	Generat.	Prb. Anzahl.	Streubereich SrSO_4 %	Mittelwert SrSO_4 %
"Clara"-Gang	I	14	1,98 - 3,11	2,45
	II	29	1,97 - 3,74	2,71
	III	7	1,98 - 4,50	3,44
Christophstal	I	13	2,26 - 3,02	2,98
	II	11	3,02 - 4,02	3,39
Ober Ostern	I	4	2,80 - 3,10	2,98
	II	10	1,62 - 2,72	2,23
	III	3	2,04 - 2,44	2,20
Groß Biberau	I	7	2,26 - 3,21	2,70
	II	9	2,20 - 3,10	2,80
	III	3	3,01 - 3,79	3,12
Waldaschaff	I	8	3,24 - 3,84	3,49
	II	4	3,27 - 4,28	3,76
Eichenberg	I	2	2,84 - 2,98	2,91
	II	3	3,32 - 3,48	3,40

Für die Mehrzahl der Schwerspatgänge gilt, daß unabhängig von der Generationsanzahl die jüngeren gegenüber den Baryten der älteren Generationen jeweils höhere SrSO_4 -Mittelwerte aufweisen.

Im Gegensatz zu einer normalen magmatischen Kristallisationsdifferentiation findet im Laufe der Gangausfüllung eine Sr-Anreicherung gegenüber Barium statt (WERNER 1958).

Eine Gegenüberstellung der Schwerspäte des Spessarts mit

denen des Odenwaldes ist in Abb. 10 wiedergegeben.

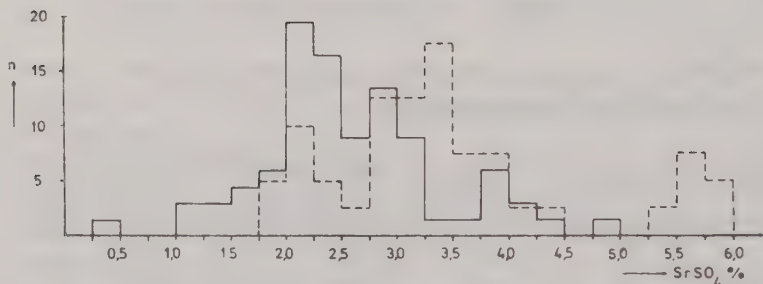


Abb. 10: SrSO₄-Histogramm

Baryte aus dem Odenwald (ausgezogene Linien, 67 Proben) und aus dem Spessart (gestrichelte Linie, 40 Proben), normiert auf 100.

Erläuterung im Text.

Der Streubereich der Baryte des Spessarts reicht von 1,75-4,50 % SrSO₄, wobei zwei Maxima hervortreten. Für die Baryte der Gangvorkommen liegt dieses bei 3,45 %. Das zweite mit 5,57 % entspricht den Barytlagen der Zechsteinabfolgen. Eine ähnliche Situation ergibt sich aus der Abb. 10 für die Schwerspäte des Odenwaldes. Mit einem Streubereich von 0,48 - 4,28 % liegt das Maximum der Gangvorkommen bei 2,15 % SrSO₄. Ein zweites nicht stark ausgeprägtes Maximum liegt bei 4,00 % SrSO₄ und entstammt den schwerspatführenden Kluftfüllungen des Frankensteiner Gabbro-Dioritzuges (nördlicher Odenwald).

Die analysierten Baryte des mittleren Schwarzwaldes zeigen ihr SrSO₄-Maximum bei 2,50 %. Der Streubereich reicht von 0,76 - 4,02 % (Abb. 11, S.31).

Die Untersuchungen der SrSO₄-Gehalte in Schwerspäten liefern zusammenfassend folgende Aussagen:

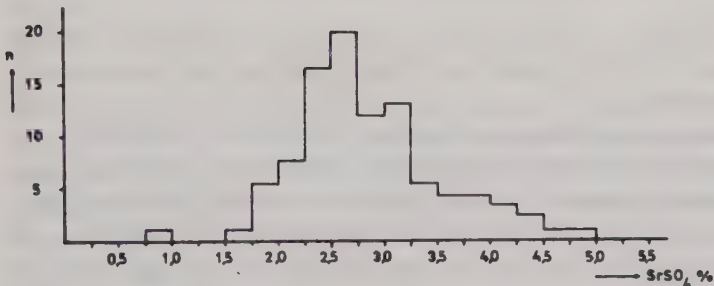


Abb.11: SrSO₄-Histogramm

Baryte aus dem mittleren Schwarzwald (90 Proben),
normiert auf 100.

Erläuterung im Text.

- Die einzelnen Generationen der Gangbaryte, wenn auch Schwankungen der SrSO₄-Gehalte in relativ weiten Grenzen zu verzeichnen sind (bis 50 % bezogen auf maximale Werte), unterscheiden sich in ihren Durchschnittsgehalten voneinander.
- Abgesehen von der Anzahl der ermittelten Generationen zeigen die Schwerspatgänge des mittleren Schwarzwaldes, Odenwaldes und Spessarts als Ganzes gesehen keine nennenswerten SrSO₄-Schwankungen auf. Die durchschnittlichen Gehalte liegen zwischen 2,20 - 3,76 % (3,39 % SrSO₄ Mittelwert).
- Die Baryte der Kluftfüllungen (SrSO₄-Mittelwert 4,01 %) wie auch die der Zechsteinvorkommen des Spessarts unterscheiden sich mit im Mittel 5,79 % SrSO₄ in ihren Durchschnittsgehalten wesentlich von den Gangbaryten. Das gleiche gilt für die Schwerspatte der Zechsteinvorkommen von Hummetroth von 1,65 % SrSO₄.

An dieser Stelle muß jedoch gesagt werden, daß obig gemachte

Aussagen betreffend den Vergleich der Gangreviere untereinander mittels noch umfangreicherem Probenmaterials bestätigt werden sollte.

1. 3 Blei

Pb (Ionenradius 1,32 Å) kann Ba (Ionenradius 1,43 Å) isomorph ersetzen.

Mikroskopische Untersuchungen eventueller Verunreinigungen der Schwerspäte durch Bleiglanz vielen negativ aus. Somit darf angenommen werden, daß die analytisch ermittelten Pb-Werte isomorph im Baryt vorliegende PbSO_4 -Gehalte darstellen.

Vorkommen	S.E. Gen.	Fe ₂ O ₃ ppm		PbSO ₄ ppm		
		200	400	20	30	40
Claragang	I.	■		■	■	
	II.	■		■	■	
	III.	■		■	■	
Ober Ostern	I.	■	■	■	■	
	II.	■		■	■	
	III.	■		■	■	
Groß Eiberau	I.	■	■	■	■	
	II.	■	■	■	■	
	III.	■	■	■	■	
Eichenberg	I.	■		■	■	
	II.	■		■	■	
Waldaschaff	I.	■		■	■	
	II.	■		■	■	
Christophstal	I.	■		■	■	■
	II.	■		■	■	■

Abb.12: Die Gehalte von Fe_2O_3 und PbSO_4 in den Barytgenerationen der untersuchten Gangvorkommen.
Erläuterung im Text.

Die PbSO_4 -Werte der Gangbaryte schwanken in engen Bereichen. TISCHENDORF (1962) erhielt für die Schwerspäte von Schneckenstein im Vogtland Durchschnittsgehalte von 35 ppm.

BAUMANN (1958) nennt als Maximalgehalte für die "Kalkbaryte" des Freiburger Gangreviers 500 ppm.

Die hier analysierten Baryte zeigen Werte, die zwischen 10 - 65 ppm PbSO_4 schwanken. Der Schwerpunkt liegt um 30 ppm.

Unterschiede der PbSO_4 -Gehalte innerhalb von verschiedenen Generationen und Gängen treten nicht auf (Abb. 5 - 9).

Wie aus Abb. 12 ersichtlich wird, zeigen die Baryte der Grube "Clara", Eichenberg, Waldaschaff und Christophstal gegenüber denen von Ober Ostern und Groß Biberau eine Abnahme der PbSO_4 -Gehalte von den älteren zu den jüngeren Generationen.

Mit Ausnahme des Ganges von Ober Ostern (I. Generation) zeigen die Fe_2O_3 -Durchschnittsgehalte innerhalb der Barytgenerationen eines Ganges ein gleichgerichtetes Verhalten gegenüber den jeweiligen PbSO_4 -Durchschnittswerten (Abb. 12).

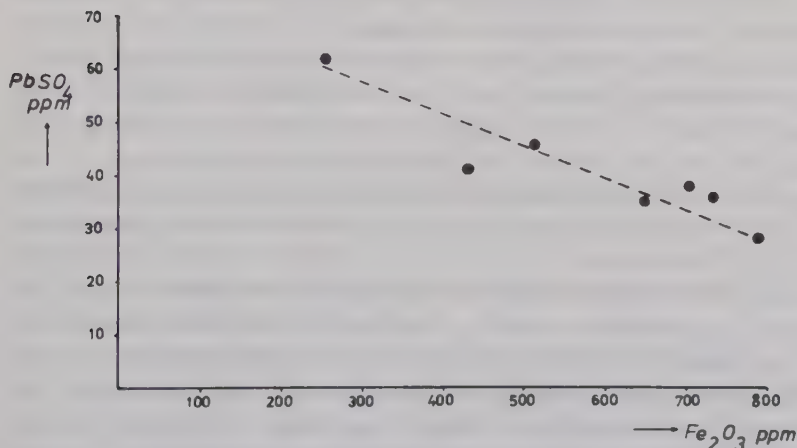


Abb.13: Variationsdiagramm PbSO_4 - Fe_2O_3

Eingetragen sind die Baryte von Hummetroth (Odenwald).

Erläuterung im Text.

Diese Tendenz spricht für die von BOLDUAN (1961) und TISCHENDORF (1962) angeführte Vorstellung, daß der Einbau des Bleis neben Konzentrationsschwankungen auch durch das vorherrschende Redoxpotential der abscheidenden Lösungen bestimmt wird.

Dagegen zeigen die Baryte der Zechsteinabfolgen im Spessart keine direkte Abhängigkeit zum Eisengehalt. Um relativ konstante PbSO_4 -Werte (23 ppm Mittelwert) schwanken die Fe_2O_3 -Gehalte in einer Variationsbreite von 19 - 150 ppm. Die negative Korrelation im Variationsdiagramm (Abb. 13) der Schwerspatvererzungen von Hummetroth (Odenwald) spricht für unterschiedliche Bildungsbedingungen gegenüber den Gangvorkommen, die in Kap. III, 3 eingehend diskutiert werden.

1.4 Eisen

Eisen liegt in Form fein verteilter Hämatitschüppchen in allen Schwerspäten als Einschuß vor. Dispers verteilt verursachen sie die Rotfärbung der Baryte.

Die Intensität der Färbung beruht dabei nicht ausschließlich auf der Menge, sondern auch auf dem Dispersionsgrad und der Kristallinität des Pigments (GEIS 1953).

Gewisse Fe-Anteile dürften auf akzessorische Beimischung von sulfidischen Erzen zurückzuführen sein, deren geringer Prozentsatz aber eine Korrektur dieser Werte nicht beeinflusst.

Die Fe_2O_3 -Gehalte der Schwerspäte können beträchtlich schwanken. TISCHENDORF (1962) z.B. ermittelt für die Schwerspäte der Lagerstätte Schneckenstein im Vogtland Werte zwischen 0,10 - 0,60 % Fe_2O_3 , die gleichzeitig zur Untergliederung von Barytgenerationen herangezogen werden.

Die von GUNDLACH (1966) analysierten Baryte von Dreislar (östliches Sauerland) weisen Gehalte von 20 - 700 ppm auf.

Die Baryte der Gangvorkommen aus dem südwestdeutschen Grund- und Deckgebirge lassen keine Abhängigkeit vom Fe_2O_3 -Gehalt innerhalb einer Schwerspatgeneration erkennen.

Bereits makroskopisch zu beobachten sind jedoch die von

Generation zu Generation schwankenden Fe_2O_3 -Gehalte. Aus Abb. 12 ist zu ersehen, daß die älteren Generationen höhere Werte aufweisen als die jüngeren. Eine Ausnahme bildet der Gang von Groß Biberau (Odenwald). Die Erklärung liegt wahrscheinlich in der sekundären Zufuhr von Hämatit, hervorgerufen von intensiven Verdrängungserscheinungen durch Quarz (Abb. 5, Taf. 3). Dieser Ablauf vollzieht sich von der Gangmitte zu den Salbändern. Verglichen mit den Durchschnittsgehalten der Gangvorkommen von ca. 200 ppm Fe_2O_3 zeigen die Baryte der Kluftfüllungen mit 95 ppm wesentlich geringere Werte (Abb. 14). Beachtliche Unterschiede sind auch im Falle der Zechsteinbaryte von Hummetroth (Odenwald) zu verzeichnen. Die Durchschnittsgehalte liegen bei 500 ppm.

1.5 Nickel, Kobalt, Kupfer und Zink

Quantitative Analysen nach eventuellen anderen charakteristischen Leitelementen sind in Abb. 14 wiedergegeben.

Die Nickel- und Kobaltgehalte schwanken in sehr engen Bereichen (3,2 - 16,8 ppm Ni; 3,4 - 37,5 ppm Co). Die Durchschnittsgehalte liegen bei 7,1 ppm für Ni und 11,9 ppm für Co.

Tendenzen im Verhalten von Nickel und Kobalt innerhalb der Schwerspatvorkommen wie auch Generationen sind nicht zu beobachten. Bemerkenswert wäre vielleicht die etwas erhöhten Ni- und Co-Werte der Baryte aus den Zechsteinvorkommen von Hummetroth (Odenwald, Abb. 14).

Die ermittelten Cu-Werte sind fein verteilten Kupfererzen zuzuschreiben, die vor allem in den älteren Barytgenerationen auftreten (Abb. 14).

Gelegentlich treten Spuren von Zink auf (Tab. 8), die keine Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen.

Neben Strontium und Blei können nach TISCHENDORF (1962, 1963) gewisse Anteile von Calcium isomorph im BaSO_4 -Gitter eingebaut werden, die in einer Größenordnung von 10 - 1000 ppm CaSO_4 liegen.

WERNER (1958), STARKE (1964) wie auch TISCHENDORF unterstreichen bei der Diskussion der Spurenelementkonzentrationen im Schwerspat, vor allem der CaSO_4 -Anteile, die Notwendigkeit intensiver Untersuchungen eventueller Verunreinigungen in Form von Fremdmineralien.

Kennzeichnend dabei sind enge Verwachsungen von Baryt mit Flußspat, deren Prüfung nach mikroskopischen und röntgenometrischen Methoden bei CaF_2 -Gehalten von ungefähr 0,01 % nach TISCHENDORF (1962) "keine absolute Klarheit geben".

VORKOMMEN	SE	SrSO ₄ %					PbSO ₄ ppm			Fe ₂ O ₃ ppm			Co ppm			Ni ppm			Cu ppm		
	Gen	1	2	3	4	5	20	30	40	200	400	600	10	15	20	5	10	15	20	40	60
Krist Grundgebirge mittl. Schwarzwald Grube "Clara"	I																				
	II																				
	III																				
Krist Grundgebirge Odenwald	I																				
	II																				
	III																				
Krist Grundgebirge Spessart	I																				
	II																				
Buntsandstein mittl. Schwarzwald	I																				
	II																				
Zechst. Odenwald Hummetroth	I																				
	II																				
Zechst. Spessart	I																				
Kluftfüllungen Odw.	I																				

Abb.14: Verteilung der Spurenelementkonzentrationen in Baryten.

Erläuterung im Text.

In fast allen untersuchten Schwerspatgängen konnten makroskopisch wie auch mikroskopisch Flußspatkristalle nachgewiesen werden.

Qualitative Messungen mit Hilfe der Atom-Emissionsspektralanalyse ergaben, daß auch in den Proben in denen kein Flußspat sichtbar war gewisse Anteile von CaF_2 vorhanden waren.

Durch die Emission der CaF-Bande bei 5291 Å gegenüber der von Ca (z.B. bei 4226 Å) wurde der Versuch unternommen die Ca-Anteile des Flußspates getrennt vom Gesamt-Calciumgehalt zu ermitteln.

Die Dissoziation von Calcium und Fluor während des Abbrennens, die eine zusätzliche Ca-Beimischung in den Proben veranlaßt, sowie die Emission von SrF bei 5772 Å und BaF bei 4950 Å, hervorgerufen durch das Vorhandensein der Elemente Ba und Sr in großen Mengen in den Untersuchungspräparaten (AHRENS & TAYLOR 1961), führten zu keinen aussagekräftigen Ergebnissen bezüglich der isomorph gebundenen Ca-Anteile im Schwerspat.

Nebenbei sei erwähnt, daß nach Untersuchungen von BOLDUAN (1961), die CaSO_4 -Gehalte im Schwerspat "weniger gesetzmäßige Veränderungen" gegenüber verschiedener Bildungsfaktoren der Baryte zeigen.

2. Geochemische Untersuchungen an Nebengesteinen von Schwerspatgängen

2.1 Überblick

Geochemische Untersuchungen von DEGENS (1956), STARKE & RENTZSCH (1959), FULLAGAR, BROWN & HAGNER (1967) u.a. an Nebengesteinen verschiedener hydrothormaler Erzgänge ergaben intensive chemische Umwandlungserscheinungen, die als Infiltrationshöfe unterschiedliche Mächtigkeiten aufweisen. Nebengesteinsumwandlungen, durch hydrothermale Vorgänge verursacht ("wall-rock-alterations"), brachten durch die Ermittlung spezifischer Leitelemente nach DEGENS (1956) praktische Vorteile für die Prospektionsarbeiten von Erzlagerstätten.

Die vorliegenden geochemischen Untersuchungen beziehen sich auf die hydrothermale Beeinflussung der Nebengesteine einiger Schwerspatvorkommen.

Lokale Verwitterung, verbunden mit sekundären Umlagerungen, sowie mangelnde Aufschlußverhältnisse ermöglichten teilweise

eine nur beschränkte Probennahme. Infolge der Verschiedenartigkeit des von Schwerspatgängen durchsetzten Nebengesteins erwies es sich als sinnvoll die verschiedenen Nebengesteinstypen auf ihre chemische Beeinflussung durch die Gangmineralisation, wenn auch nur in unmittelbarer Nähe der Gänge, zu untersuchen.

Es galt eventuelle gemeinsame geochemische Parameter zu ermitteln.

Die Probennahmepunkte lagen in Abständen von 10 - 25 cm in Gangnähe und 0,50 - 1,50 m in größeren Entfernungen vom Gang. Die Abstände der Probennahmepunkte, sowie die Lage zu den Gangvererzungen sind in den Analysenprofilen (Taf. 4, 5, 6) wiedergegeben.

Für die Kluftfüllungen des nördlichen Odenwaldes, deren Nebengesteinsumwandlungen geringe Mächtigkeiten aufweisen (bis 0,50 m), wurden mehrere Profile mit geringen Probenanzahl in ihrer Teufenertreckung, sowohl im Liegenden als auch im Hangenden angelegt. Die Durchschnittswerte der Analyseergebnisse sind in Tab. 3 angeführt.

2.2 Untersuchungsergebnisse

An Hand makroskopischer Beobachtungen und vor allem der geochemischen Analysendaten wurde der Bereich der Nebengesteinsveränderungen durch die Gangvererzung zum Nebengestein abgegrenzt.

Eisen

Die Eisengehalte zeigen deutliche Unterschiede zwischen gangnahen und gangfernen Proben. So ergab sich für Fe_2O_3 eine Abreicherung in den gangnahen Partien gegenüber den nicht beeinflussten Nebengestein von 15 - 43 % Fe_2O_3 .

Dagegen ist bei Freudenstadt (Schwerspatgänge im Buntsandstein) und Ober Ostern eine Fe_2O_3 -Anreicherung von rd. 40 % zu verzeichnen.

Anreicherungs- und Verarmungshöfe der Fe_2O_3 -Gehalte deuten

auf hydrothermale Umlagerungsvorgänge hin, die in Beziehung zu den Gangvererzungen zu sehen sind.

Mangan

Auch die MnO-Werte differieren beträchtlich. Anreicherungen von 23 - 50 % MnO, sowie MnO-Abwanderungen zwischen 25 - 37 % für die Einflußbereiche des Ganges "Clara" bei Oberwolfach bzw. Nieder Beerbach sind aufzuweisen. Aus den Schwankungsbereichen innerhalb der gangnahen Proben (bis ± 100 %, z.B. Taf. 4), wie auch zwischen den gangnahen und gangfernen Partien, ist zu schließen, daß die Umlagerungsprozesse des MnO hydrothermale Ursachen haben.

Tab.3: Elementkonzentrationen in den Nebengesteinen einiger Schwerspatgänge

VORKOMMEN	NEBENGESTEIN	EINFLUSS- BEREICH	DURCHSCHNITTSGEHALTE													
			Fe ₂ O ₃ %		MnO %		BaO %		K ₂ O %		Pb ppm		Cu ppm		Ni ppm	
			Gn.	Gf.	Gn.	Gf.	Gn.	Gf.	Gn.	Gf.	Gn.	Gf.	Gn.	Gf.	Gn.	Gf.
"Clara"- Gang	Paragneis	4,5-5 m	2,84	4,66	0,06	0,08	0,16	0,04	4,21	4,11	54	12	299	12	15	21
Freudenstadt	Buntsandstein	0,75 m	0,31	0,23	0,01	0,004	0,15	0,05	1,90	1,75	63	8	77	19	-	-
Ober-Ostern	Biotitgranit	1,00 m	4,32	2,92	0,02	0,01	0,21	0,07	4,62	3,30	20	14	25	19	19	11
Groß-Biberau	Amphibolit	1,00 m	8,09	9,50	0,16	0,13	0,17	0,06	2,51	0,94	15	17	47	27	37	23
Nieder Beerbach	Diorit	0,50 m	5,91	8,23	0,07	0,11	0,11	0,03	0,72	0,88	18	16	28	-	27	24
Nieder Ramstadt	Diorit	0,60 m	7,12	12,38	0,13	0,09	0,04	0,02	0,35	0,89	148	34	25	16	39	31

Zeichenerklärung: Gn. = Gangnahe Proben
Gf. = Gangferne Proben

Barium und Kalium

Als Ba-Träger der Nebengesteine kommen lediglich Kalifeldspat und kaliumhaltiger Glimmer in Frage. Auf Grund ähnlicher Ionenradien (Ba^{++} 1,43 Å, K^{+} 1,33 Å) und einen durch Al-Einbau hervorgerufenen Valenzausgleich kann Barium an Stelle von Kalium während der Kristallisation in die Kristallgitter eingebaut werden.

Der Vergleich von Bariumdurchschnittsgehalten verschiedener Gesteinstypen (nach v.ENGELHARDT 1936) mit der Verteilung von BaO innerhalb der Analysenprofile zeigt, daß alle

gangnahen Proben erhöhte BaO-Gehalte zeigen (bis 30-fache Anreicherung).

Es ist anzunehmen, daß diese erhöhten Werte auf die im Nebengestein feinst verteilten Schwerspat zurückzuführen sind.

Dafür spricht auch der meist negative Trend von BaO zu K_2O in den Infiltrationsbereichen, der nach WEDEPOHL (1972) im Normalfall streng positiv ausgerichtet ist.

Kalium als Vergleichselement herangezogen zeigt in den Analysenprofilen kein gerichtetes Verhalten.

Blei

In geringen Mengen kann Pb^{++} (Ionenradius = 1,32 Å) das K^+ (Ionenradius = 1,33 Å) in Silikaten ersetzen.

Abhängig von den Mächtigkeiten und Vererzungen der jeweiligen Schwerspatgänge kann in allen Einflußbereichen, mit Ausnahme des Vorkommens von Groß Biberau (Taf. 5a), eine Bleianreicherung festgestellt werden. Sie beträgt bis zum 100-fachen des gangfernen Bereichs (Taf. 4, 5b).

Der größte Teil der angegebenen Bleigehalte liegt als Bleiglanz im Nebengestein vor.

Kupfer

Auch die Kupfergehalte zeigen eine Anreicherung in allen gangnahen Proben an (siehe Tab. 3).

Die Cu-Durchschnittsgehalte wurden, verglichen mit den Gehalten der gangfernen Proben, bis zu maximal 28 % angereichert. Die maximalen Werte innerhalb der Umwandlungshöfe erreichen im Falle des "Clara"-Ganges bei Oberwolfach und bei Freudensstadt (Taf. 4, 5b) Absolutgehalte von 0,19 und 0,02 % Cu.

Sie sind auf die im Nebengestein vorhandenen Kupferkies- und Fahlerze zurückzuführen.

Nickel

Die durchschnittlichen Ni-Werte (Tab. 3) liegen in allen

gangnahen Proben, ausgenommen im "Clara"-Gang, um 12 - 72 % höher als in den gangfernen. Eindeutige Aussagen über die geringen absoluten Ni-Anreicherungen im Rahmen der ermittelten Infiltrationshöfe gegenüber den nicht hydrothermal beanspruchten Bereichen können nicht gemacht werden.

Kobalt

Die Co-Gehalte der Umwandlungsbereiche zeigen in allen untersuchten Nebengesteinen eine Anreicherung an. Diese kann bis 65 % (Tab. 3, S. 39) betragen.

Die ermittelten Maximalgehalte liegen bei ca. 500 ppm. Sie sind in Beziehung mit den Sulfidanreicherungen der Nebengesteine zu bringen.

3. Spezielle Untersuchungen an dem Barytvorkommen von Hummetroth (Odenwald), im Hinblick auf das physiko-chemische Verhalten von Barium

Das Barytvorkommen von Hummetroth ist an den bankigen bis massiven Zechsteindolomit (Hauptdolomit) gebunden.

Auch in den nicht aufgeschlossenen Zechsteinabfolgen des Gebietes läßt sich die Bindung an diese Sedimentserien mit Hilfe von Lesesteinen nachweisen.

Hier sei auf die Tatsache hingewiesen, daß in unmittelbarer Nähe des Vorkommens jedoch vereinzelte Lesesteine von Eisenglanz und Schwerspat, sowie Granitgerölle, auf Schwerspatgänge im kristallinen Grundgebirge schließen lassen.

Im Gegensatz zu den Schwerspatvorkommen der Zechsteinabfolgen des Spessarts treten hier keine sichtbaren Hinweise für eine azzendente Lösungszufuhr auf. Es fehlen die, für den Spessart charakteristischen, "Schwerspatbäume".

Die zur Schichtung parallel verlaufenden, aneinandergereihten Schwerspatnester und Schwerspatkristalle zeigen in ihrer nächsten Umgebung eine Umkristallisation des Dolomites. Als Karbonat tritt häufig Ankerit auf, welcher durch Verwitterungsprozesse teilweise zu Brauneisen umgewandelt wurde.

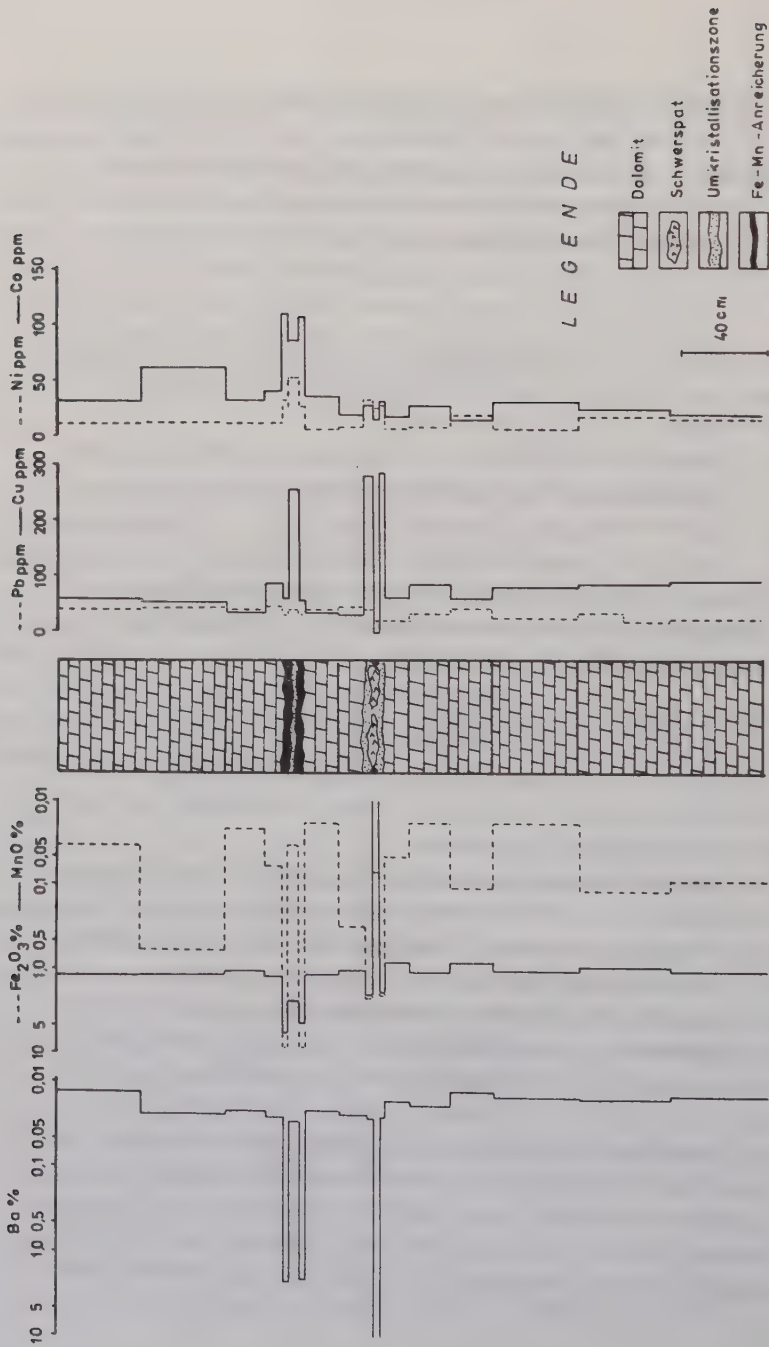


Abb.15: Geochemisches Profil durch die schwerspatführenden Zechsteindolomite südlich von Hummetroth (Odenwald).

Dieser Hof, mit Mächtigkeiten von 3 - 5 cm, wird nach außen durch normalen bankigen Dolomit begrenzt.

Geochemische Untersuchungen ergaben Dolomit mit: 2,12 % Fe_2O_3 , 1,74 % MnO , 278 ppm Cu, 29 ppm Co, 30 ppm Ni und ein Eisen-Manganverhältniss von 0,85.

Ähnliche Werte beschreiben OKRUSCH & WEINELT (1962) für die bis zu 1 cm breiten, rhythmischen Umkristallisationszonen der Schwerspatnester im Kontaktbereich zu dem dolomitischen Kalkstein bei Rottenberg (Hufgardscher Steinbruch) im Spessart.

Im Hangenden der Barytlagen von Hummetroth, in konstanter Entfernung von ca. 0,40 m, findet sich parallel dazu ein 5 - 10 cm mächtiger, kontinuierlicher Horizont, bestehend aus Eisen- und Manganmineralien. Brauneisen, zusammen mit Manganit, Psilomelan und umkristallisierten Dolomit, bildet feinschichtige Wechsellagerungen, die von Barytkristallen durchwachsen sind. Ebenso sind stets in den Manganlagen dispers verteilte Barytkörner (bis 100 μm Durchmesser vorhanden). Folgende Werte wurden ermittelt: 8,13 % Fe_2O_3 , 5,81 % MnO , 2,21 % Ba, 55 ppm Cu, 161 ppm Co, 29 ppm Ni und ein Eisen-Manganverhältnis 1,31.

Die Analysenergebnisse der schwerspatführenden Zechsteindolomite von Hummetroth sind in Abb. 15 graphisch dargestellt.

Die Schichtgebundenheit der Schwerspatvererzungen im Zechstein des Odenwaldes wie des Spessarts geben Anlaß zur Annahme, daß es sich um sedimentäre Baryt-Ablagerungen des Zechsteinmeeres handeln könnte.

Unter Berücksichtigung der, in Abb. 16 wiedergegebenen, Stabilitätsbereiche einiger Bariumverbindungen besteht im Meerwasser die Wahrscheinlichkeit einer primären Bildung von Schwerspat.

Der große Stabilitätsbereich von SO_4^{--} , in Abhängigkeit von Eh- und pH-Werten, sowie Gehalte von 2,64 ‰ (MÜLLER 1962), ermöglichen bei einer Sättigung von Barium die Ausfällung von Schwerspat.

Die im Meerwasser enthaltenen Ba-Gehalte von 10 - 70 $\mu\text{g/l}$ (DEGENS 1968) liegen um ein Vielfaches unter den durchschnittlichen Ba-Gehalten der Erdkruste, die, mit 0,040 Gew.-% Ba, in der Häufigkeitsreihe der Elemente auf 16ter Stelle liegen (MASON 1958).

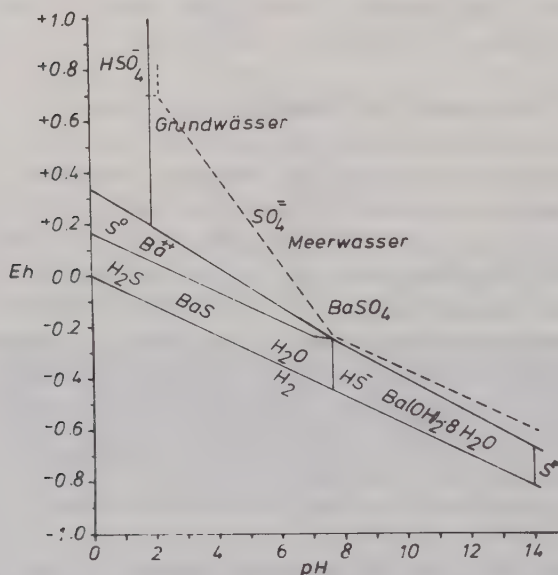


Abb.16: Stabilitätsbereiche einiger Bariumverbindungen in Abhängigkeit von pH- und Eh-Werten nach SCHMITT (1962) bei 25° C und 1 atm. Bereiche der Meer- und Grundwasser nach v.ENGELHARDT (1973). Erläuterung im Text.

Untersuchungen von CHOW & GOLDBERG (1960) über das geochemische Verhalten von Barium im Meerwasser ergaben rechnerisch, daß in oberflächennahen Bereichen die Bariumgehalte von 10 - 30 $\mu\text{g/l}$, in Bezug auf die Fällung von Schwerspat,

leicht untersättigt sind.

In größeren Tiefen dagegen, wo eine Steigerung der Ba-Konzentrationen (bis $70 \mu\text{g/l}$) zu verzeichnen ist, kann nach CHOW & GOLDBERG (1960) in Anwesenheit von verwesender organischer Substanz eine Fällung von BaSO_4 eintreten.

Dank des geringen Ionenpotentials besteht im Meeresbereich gleichzeitig eine bevorzugte, adsorbtive Bindung der Bariumionen an Tonminerale. Die tonigen Sedimente, mit Durchschnittswerten von $0,051 \%$ BaO (v.ENGELHARDT 1936), enthalten weit aus mehr BaO als andere Sedimentgesteine.

Es sei darauf hingewiesen, daß Bildungen von sedimentären Baryten in küstennahen oder lagunaren Evaporitzyklen, wie z.B. in den Salinarabfolgen des Perms und des Neogens der UdSSR (bei PUCHELT & MÜLLER 1964) bekannt sind, nicht auszuschließen wären. Charakteristisch für diese Baryte sind erhöhte SrSO_4 -Gehalte (Coelestinbaryte mit bis 12% SrSO_4). Die sedimentäre Bildung der untersuchten Barytvererzungen der Zechsteindolomite des nördlichen Odenwaldes wie auch des Spessarts, die einem küstennahen Bereich (LIETZ 1967) angehören, erscheint auf Grund der Sr-Gehalte der Baryte ($1,72 \%$ SrSO_4 im Odenwald, $5,70 \%$ SrSO_4 im Spessart), sowie das Fehlen von Salinarabfolgen und organischer Substanz, als äußerst unwahrscheinlich.

Verdrängungserscheinungen der rosettenartig auskristallisierten Barytindividuen, Umkristallisationshöfe im umliegenden Nebengestein (Abb. 15) mit erhöhten Spurenelementgehalten (z.B. Cu bis $0,03 \%$), wie die Koexistenz von Schwerspat mit Pyrit, Kupferkies und Fe-Mn-Oxiden (gelegentlich Fahlerz und Enargit im Spessart), bestätigen diese Annahme.

Das Vorhandensein von Barytgängen des kristallinen Untergrundes in unmittelbarer Nachbarschaft des Vorkommens von Hummetroth verstärkt den Verdacht, daß die schichtgebundenen Vererzungen im Zusammenhang mit azendenten, hydrothermalen Lösungen zu bringen sind.

Ein weiteres Argument welches diese Annahme bekräftigt, sind die Spurenelementgehalte der bariumführenden Mangan-Eisen-

Wechselagerungen.

Geochemische Untersuchungen von BONATTI (1972) an hydrothermalen Mn-Fe-Vorkommen ergaben für die Spurenelemente Co, Cr, Cu und Ni Werte um 100 ppm. Barium dagegen erreicht höhere Werte (bis 5,8 %). Der Verfasser weist darauf hin, daß sedimentäre Fe-Mn-Ablagerungen erheblich höhere Werte der oben angeführten Elemente aufweisen (bis 1 %). Die Bariumgehalte dagegen liegen im ppm Bereich.

Diese Aussage steht im Einklang mit den Arbeiten von OKRUSCH & WEINELT (1962) und BORCHERT (1968).

Von entscheidender Bedeutung bei der Bildung solcher Barytvererzungen ist, neben Überlegungen nach der Herkunft der Lösungen, auch die Frage der Mechanismen, die zur Ausfällung von BaSO_4 führen.

Ausgehend von der Tatsache, daß das Barium aus hydrothermalen Lösungen stammt, sind die Zustandsbedingungen des Schwerspates in einem hydrothermalen System engstens mit denen seiner Lösungsgenossen in Beziehung zu bringen. Für die Konzentrationsabhängigkeit der SO_4^{--} Komponente, dementsprechend auch der Existenzbereiche des Schwerspates, sind nach BARNES (1961) die Sauerstoff-Partialdrücke von wesentlicher Bedeutung.

Wie aus Abb. 17 zu ersehen ist, wird HSO_4^- bei hohen p_{O_2} noch im sauren Bereich von SO_4^{--} abgelöst, welches dann mit steigenden pH-Werten vorherrscht. Parallel dazu entwickelt sich das Zustandsfeld von BaSO_4 .

Im reduzierenden Bereich herrscht bei sauren pH H_2S , das mit steigenden pH-Werten als HS^- und S^{--} existiert. Der Bereich des elementaren Schwefels befindet sich bei geringen pH-Werten zwischen den Feldern von S^{2-} und S^{6+} . Mit steigenden Temperaturen verschieben sich diese Bereiche zu höheren Partialdrücken und kleineren pH-Werten.

Bei 250°C reicht das Zustandsfeld von BaSO_4 (Abb. 17) in den Bereich von HS^- , S^{2-} und H_2S Molekeln, so daß bei dieser Temperatur und einem geringen Intervall von p_{O_2} eine Koexistenz von Schwerspat und der, in diesem Existenzbereich auskristallisierenden, Metallsulfiden möglich ist.

Der Hauptgrund für diese tieftemperierten Bildungen von Baryt liegt nach BARNES (1967) im Redoxpotential der abscheidenden Lösungen begründet.

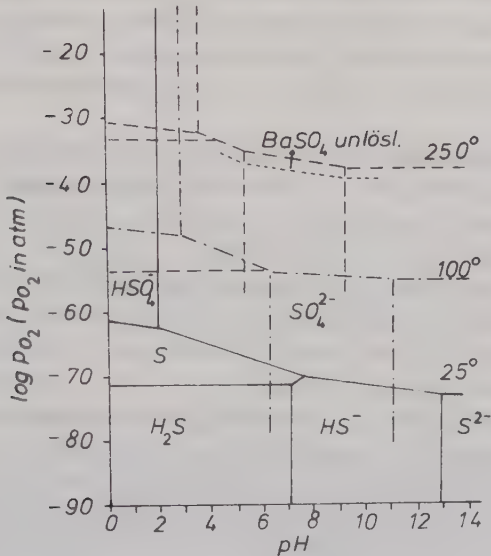


Abb.17: Die Prädominanzfelder von S-haltigen Ionen und Komplexen mit jeweils größeren Aktivitäten in wässrigen Lösungen in Abhängigkeit vom Sauerstoff-Partialdruck, pH-Wert und Temperatur, für die Schwefelkonzentrationen von 0,1 Mol S/kg H_2O , nach BARNES (1961).
Erläuterung im Text.

Bei geringen Sauerstoff-Partialdrücken jedoch wird Barium nach SCHRÖCKE (1973) zusammen mit H_2S in Form von $BaCl$ in den hydrothermalen Lösungen hochtransportiert und in den Bereichen ausgefällt, in denen der Redoxzustand dieses

ermöglicht.

Ein Temperaturrückgang der Hydrothermen kann somit zur Ausfällung von BaSO_4 führen, der aber nach BARNES (1967) nicht als Hauptfaktor der Schwerspat-Ausscheidung in einem solchen System anzusehen ist. Da ein starkes Absinken der Temperatur gleichzeitig zu einer Erniedrigung des Sauerstoff-Partialdruckes führt, steht die Oxydation von S^{2-} zu S^{6+} offensichtlich in direktem Zusammenhang mit äußeren Einflüssen.

BARNES (1961) und SCHRÖCKE (1973) schließen auf Reaktionen mit dem umliegenden Nebengestein oder Mischung mit höher oxydierten Poren- und Grundwässern, die Kontakt mit der Erdoberfläche hatten.

Die somit erhöhte oxydierende Wirkung der Lösungen führt gleichzeitig zu einer Instabilität der Sulfidminerale, die nur einen geringen Anteil der Mineralparagenesen ausmachen. Den größten Teil haben die Metalloxeide.

Aus angeführten Gründen ist zu schließen, daß aszendente, bariumführende Lösungen mit niedrigen Oxydationspotential auf Klüften und Fiederspalten in den Zechsteindolomit eingedrungen sind. Beim Kontakt mit sauerstoffreichen, möglicherweise sulfathaltigen, Grundwässern kam es zur Auskristallisation von Schwerspat in Form horizontaler, schichtgebundener Lagen.

Die Grundwässer befinden sich bei 25°C und 1 atm. in Abhängigkeit von Eh- und pH-Werten (Abb. 16) sowohl im Stabilitätsbereich von SO_4^{--} als auch von BaSO_4 , so daß eine Ausfällung von Schwerspat gegeben ist.

Das reaktionsfähige Nebengestein, sowie die erhöhten Mangan-gehalte (WEDEPOHL 1972) der Dolomite, bis zu 1 % MnO (Abb. 15), spielen nach GUNZERT (1961) bei der Ausscheidung der Baryte eine gewisse Rolle.

Gleichzeitig erhebt sich die Frage, ob die Mineralisation der beiden schwerspatführenden Horizonte einem oder mehreren Bildungsvorgängen zuzuordnen sind.

Um diese Frage zu klären, wird auf die unterschiedlichen

Spurenelementführungen der Schwerspatgenerationen aus dem kristallinen Untergrund im folgenden hingewiesen (Kap. III, 1).

Die in den Manganlagen dispers verteilten Barytkristalle wurden durch Behandlung mit Salzsäure (1 N) und Hydroxylamin (BONATTI 1972) herausgelöst und analysiert.

Die ermittelten Werte sind in Tab. 4 mit denen der Schwerspatnester gegenübergestellt.

Tab.4: Spurenelementkonzentrationen der Baryte von Hummetroth.

Vorkommen	Prb. Anzahl	SrSO ₄ %	PbSO ₄ ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	Co ppm	Ni ppm
Baryte aus Fe-Mn-Lagen	3	0,96	49	389	10,0	12,6
Baryte aus Nestern	4	2,35	34	719	18,3	12,9

Es zeigt sich, daß die Spurenelementkonzentrationen der beiden Baryte wesentliche Unterschiede aufweisen. Obwohl auch innerhalb einer Barytgeneration größere Schwankungen der Spurenelemente auftreten können (Kap. III, 1), handelt es sich in diesem Fall offensichtlich um zwei Abscheidungsfolgen, die in direktem genetischen, wie auch zeitlichen, Zusammenhang mit den Bildungsvorgängen im kristallinen Grundgebirge liegen.

4. Zusammenfassung der geochemischen Untersuchungen

Bei der Betrachtung der isomorph im Schwerspatgitter eingebauten Spurenelemente als auch der akzessorischen Elemente läßt sich eine gewisse Uniformität in der chemischen Zusammensetzung der Baryte erkennen.

Unabhängig von der Art der Nebengesteine erfolgt die Ausbildung der Gangvorkommen diskontinuierlich in mehrfach angelegten Abscheidungsprozessen.

Die Verteilung der Spurenelemente zeigt eine gewisse Gesetzmäßigkeit innerhalb der Mineralisationen (Abb. 12, 14) die in Abhängigkeit zu der chemischen Zusammensetzung der Lösungen gebracht wird.

Strontium z.B. zeigt während der Ausscheidung eine Konzentration zu den jüngeren Generationen hin. Ähnliches Verhalten weisen die Baryte aus Baumholder (Pfalz, Grube "Clara", GEIS 1953, und eigene Analysen, Tab. 8) und Richelsdorfer Gebirge (Hessen, WERNER 1958) auf.

Eisen wiederum hat sein Hauptmaximum in den älteren Abfolgen und ermöglicht durch das Vorhandensein geringer Kupfermengen die Ausscheidung von Kupfermineralien.

Ein Vergleich der einzelnen Ganglagerstätten der kristallinen Grund- und Deckgebirge aus dem mittleren Schwarzwald, Odenwald und Spessart zeigt eine weitgehende Übereinstimmung dieser Gesetzmäßigkeiten.

Tab.5: S-Isotopenverhältnisse in Schwerspäten

Vorkommen		$^{34}\text{S} \text{ ‰}$	$^{32}\text{S} / ^{34}\text{S}$
Schwarzwald	Grube "Clara"-Grdgeb.	+11,02	21,96
	Grube "Clara"-Btsdt.	+12,25	21,94
	Hallwangen -Btsdt.	+ 9,9	21,94
	Neubulach -Btsdt.	+15,6	21,87
Odenwald	Klein Umstadt-Grdgeb.	+ 8,2	22,03
	Weites Tal -Grdgeb.	+ 6,5	22,07
Spessart	Eichenberg -Grdgeb.	+10,0	21,99
	Gräfenberg -Zechst.	+ 9,7	22,00

Obwohl die Baryte der Zechsteinabfolgen in ihrer chemischen Zusammensetzung Abweichungen aufweisen (Abb. 14), ist die Möglichkeit einer gemeinsamen genetischen Zuordnung mit den Ganglagerstätten nicht auszuschließen.

Betrachtungen über das physiko-chemische Verhalten von Barium, sowie der Ausfällungsbedingungen im exogenen wie auch hydro-

thermalen Bereichen unterstreichen die genetischen Beziehungen zu den Ganglagerstätten.

Bestimmungen von S-Isotopenverhältnissen an Schwerspäten verschiedener westdeutscher Vorkommen (v.GEULEN, NIELSEN & RICKE 1962) sind in Tab. 5 wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die geringen Unterschiede im S-Isotopenverhältnis eine genetische Zusammengehörigkeit unterstreicht.

Geochemische Untersuchungen der Nebengesteine zeigen, daß chemisch aktive, hydrothermale Lösungen Zersetzungerscheinungen hervorgerufen haben, die sich mit unterschiedlichen Mächtigkeiten vom Gang her in das Nebengestein erstrecken. Diese Umwandlungshöfe zeichnen sich durch Verarmung bzw. Anreicherung spezifischer Leitelemente wie Fe_2O_3 , MnO , BaO , Pb , Cu , Ni und Co vom unbeeinflussten Gestein aus.

V. Untersuchungen an verkieselten Schwerspatgängen

Die bisherigen Abhandlungen wären unvollständig würden nicht im Zusammenhang mit den Schwerspatvorkommen die "Pseudomorphosenquarze" diskutiert werden.

Sekundär zugeführter Quarz (siehe Kap. II, 1) als ständiger Begleiter der Schwerspatvorkommen zeichnet sich durch seine Verdrängungstendenzen aus (Abb. Taf. 1, 2, 3).

Dieser im südwestdeutschen Grundgebirge offensichtlich verbreiteter Verdrängungsablauf, nach BAIER & VENZLAFF (1961) durch wiederholte Baryt- Auflösungen und Kieselsäure - Abscheidungsprozesse hervorgerufen, führt zur Bildung der nach Schwerspat pseudomorphen Quarzgänge.

Die relativ starke Heraushebung und Erosion des Odenwaldes läßt hier eine Anzahl mächtiger Gänge zum Vorschein treten. Neben dem bekannten Reichenbacher Gang treten weitere Gänge bei Ursenbach, östlich vom Auerbacher Schloß und bei Nieder Mumbach auf, die teilweise für Zier- und Grabsteine abgebaut werden.

Bei Erbach (Heppenheim), Reichelsheim (Fronhofen), Zotzenbach und Hering lassen sich an Hand von Lesesteinen weitere "Pseudomorphosenquarz"- Gänge nachweisen.

Nördlich von Ursenbach und bei Hohensachsen (frdl. mdl. Mittl. Herr FETTEL aus Heppenheim) erscheinen inmitten der Quarzmassen vereinzelte Schwerspatnester (Durchmesser 10-20 cm). Sie sind als Zwischenstadium der progressiven Verkieselungsvorgänge anzusehen.

Mit einem Streichen von N 45°-80° W erreichen sie Mächtigkeiten bis zu 6,50 m (Reichenbacher Gang).

Die Gangfüllung der "Pseudomorphosenquarze" weist eine deutlich salbandparallele Lagenstruktur auf. Eine Wechselagerung von dunklen strahlig ausgebildeten, mit hellen massig erscheinenden Quarzbändern, lassen diese zum Ausdruck kommen.

Die bis zu einigen cm- langen strahligen Quarzplättchen von fächerförmigen Gruppierungen, werden von feinverteiltem

Limonit an den Rändern der Plättchen verdeutlicht (Taf. 3, Abb. 6).

1. Erzmineralführung

Lokale Erzanreicherungen der "Pseudomorphosenquarze" gaben Anlaß zu einigen Bergbauversuchen bei Reichenbach, Hohensachsen und Zipfen.

Die Primärvererzung des Reichenbacher Ganges besteht aus: Bleiglanz, Kupferkies, silberhaltigem Arsenfahlerz und Enargit. FETTEL (1975 b) erwähnt Molybdänglanz und Luzonit. Die beobachteten pseudomorphen Verdrängungen von Covellin nach Bleiglanz sind nach RAMDOHR (1969) Zeichen einer zementativen Anreicherungszone. Pyrolusit, Psilomelan und Eisenglanz treten häufig auf.

Eine große Varietät von Sekundärmineralien wie: gediegen Kupfer, Kupferglanz, Kupferlazur, Malachit, Cerussit und Covellin sind durch Verwitterung der Primärvererzung entstanden.

Eine ähnliche Paragenese tritt in den Quarzgängen von Hohensachsen auf. Neben Bleiglanz, Kupferkies und Fahlerz beschreibt FETTEL (1973 a) Zinkblende.

Die Gänge bei Hering zeichnen sich lediglich durch Eisenglanzreicherungen aus.

2. Geochemische Untersuchungen

Charakteristisch für die Quarzgänge sind die Wechsellagerungen von massiven Quarzbändern mit Lagen, die ausgeprägte Pseudomorphosenstrukturen erkennen lassen.

Zunächst wurde aus dem Bereich des Reichenbacher Ganges mehrere Profile geochemisch untersucht um eventuelle Unterschiede innerhalb der beiden Quarzarten festzustellen. Diese weisen jedoch in ihrer Haupt- wie auch Spurenelementführung keine Unterschiede auf.

Einen Überblick über die Elementkonzentrationen der wichtigsten Neben- und Spurenelemente in "Pseudomorphosenquarze"

gibt die Tabelle 6 auf folgender Seite.

Innerhalb der Profile, wie auch im Streichen, ergeben sich im Falle des Reichenbacher Ganges für Blei einheitliche Gehalte von ca. 500 ppm. Zu erwähnen wäre, daß in unmittelbarer Salbandnähe die Pb- Gehalte ansteigen.

Kupfer (Durchschnittsgehalte 100 ppm) und Zink (Durchschnittsgehalte 40 ppm) zeigen in ihrer Verteilung eine gewisse Parallelität zu den Pb- Gehalten.

Die Quarzgänge von Reichelsheim, Erbach und Hering erwiesen sich als unvererzt. Bei Ursenbach und einem geringmächtigen Gang (0,40 m) östlich vom Auerbacher Schloß führen die "Pseudomorphosenquarze" erhöhte Gehalte von Zn, Pb und Cu. Auffallend sind bei allen Gängen die relativ hohen Co- Gehalte (134-393 ppm), die keine Korrelation mit anderen Elementkonzentrationen aufweisen. Mit Durchschnittsgehalten von 210 ppm bilden die Co- Werte bei der Prospektion solcher Quarzgänge einen eindeutigen geochemischen Parameter. Entgegengesetzt den Analysenergebnissen von LANGENFURTH (in Klemm 1918) konnten in allen Proben, wenn auch nur in geringen Mengen, Spuren von Barium festgestellt werden. Bei Hering z.B. 210 ppm.

Abgesehen von den strukturellen Merkmalen verstärken diese Ba- Gehalte die Annahme einer sekundären Verkieselung ehemaliger Schwerspatgänge, da davon ausgegangen wird, daß primäre Quarzgänge keine Ba- Gehalte zeigen.

Die Verkieselungsprozesse sind wohl so zu verstehen wie sie BAIER & VENZLAFF (1961) beschrieben haben. Aus den Strukturanalysen verquarzter Barytgänge konnten die Verfasser mehrere Phasen in der Baryt- Auflösung und der Kieselsäure- Ausscheidung nachweisen. Dabei soll das ursprünglich mit Baryt vergesellschaftete Erz und "andere Verunreinigungen" bei den Umlagerungsvorgänge überwiegend im Quarz zurückgeblieben sein.

Die rhythmischen Verquarzungsvorgänge sollen sich somit als ein "Reinigungsprozess" für den Schwerspat erweisen, der in oberflächennahen Spaltenzonen zur Wiederauskristallisierung kam.

Tab. 6: Elementkonzentrationen in "Pseudomorphosenquarzen" des Odenwaldes.

Vorkommen	Probenzahl	Pb ppm	Cu ppm	Zn ppm	Co ppm	Ni ppm	Cr ppm	Ag ppm	Fe %	Mn ppm	Ba ppm
Reichenbach Nord	6	595	132	47	322	3	6	Spur.	0,63	527	43
Reichenbach Süd 1.	11	466	65	14	267	3	14	-	0,41	71	39
Reichenbach Süd 2	5	470	113	23	242	4	6	Spur.	0,57	126	68
Auerbacher Schloß	2	592	50	17	337	2	-	-	0,14	36	54
Reichelsheim	1	16	7	22	278	-	7	-	0,93	194	40
Erbach	2	12	25	36	316	6	6	-	1,71	139	46
Ursenbach	2	15	43	174	190	5	12	-	0,40	1100	18
Hering	1	-	-	8	248	-	2	-	0,10	37	212

Im Gegensatz zu dem eben Zitiertem stehen die geochemischen Analysendaten der hydrothermalen Umwandlungszonen der Nebengesteine der "Pseudomorphosenquarze".

So wird in Taf. 6b, 7 die Abwanderung aszendenter Elemente, vor allem für Mn, Pb, Cu, Co und Ni in Richtung Nebengestein, sowie die aus dem Nebengestein mobilisierten Elemente, (Ba und K) gut ersichtlich.

Tab.7: Maximalwerte einiger Schwermetallanreicherungen der Nebengesteine pseudomorpher Quarzgänge.

Vorkommen	Mn %	Pb %	Cu %	Zn ppm	Co ppm
Reichenbach	0,29	0,52	0,65	226	385
Ursenbach	0,11	0,03	0,06	174	381
Auerbacher Schloß	0,03	0,003	0,10	91	459

Die Bildung der hydrothermalen Infiltrationshöfe mit Erz-anreicherungen (Tab. 7) die gegenüber denen der Schwerspatgänge viel höhere Konzentrationen erreichen, wie auch die Erzanreicherungen in den "Pseudomorphosenquarzen" lassen schließen, daß die nach SCHNEIDERHÖHN (1949) "erzleeren", jüngsten hydrothermalen Abfolgen (Verursacher der pseudomorphen Verdrängung von Quarz nach Baryt) mit erheblicher Erzzufuhr verbunden waren und keinesfalls aus den "Reinigungsprozessen" der Baryte abgeleitet werden können.

V. Genetische Überlegungen

Ähnliche paragenetische und strukturelle Merkmale der epigenetischen Schwerspatvorkommen Mitteleuropas (Thüringer Wald, Harz, Rheinische Masse, Richelsdorfer Gebirge, Odenwald, Spessart, Schwarzwald und Bayerischer Wald) lassen bei einigen Autoren die Frage aufkommen, ob einheitliche großräumige Bildungsmechanismen für deren Genese verantwortlich gemacht werden können.

Die recht vielfältigen Versuche, dieser Frage gerecht zu werden, können in zwei grundsätzlichen Hypothesen dargestellt werden.

Lateralsekretionäre Hypothese

Gestützt auf Untersuchungen über das geochemische Verhalten des Bariums, vertritt v. ENGELHARDT (1936) die Ansicht, daß das Barium durch lateral-sekretionäre Aktivität absteigender Sickerwässer oder aszendenter, warmer, "leerer" Wässer in Gegenwart von sulfathaltigen Solen aus dem Nebengestein ausgelaugt und in den schon vorhandenen Klüften als Baryt abgesetzt wurde.

Als Bariumspender wird der Buntsandstein mit Durchschnittsgehalten von 0,09 % BaO angegeben (v. ENGELHARDT 1936).

BARTZ (1950) bringt den Einwand, daß sowohl der Spessart als auch der Odenwald außerhalb der Salinarbereiche des Zechsteins, dem Spenderchloridhaltiger Wässer, liegt. Ebenso wenig zeigt der Buntsandstein des Freudenstädter Gangreviers mit Durchschnittsgehalten von 0,047 % BaO (Taf. 5b), wie auch der im Grubengebäude der Grube "Christiana" im Spessart (HESS 1973), großräumige Zersetzungerscheinungen. Eine Abhängigkeit der Gangfüllung vom Nebengestein ist viel zu gering, um eine aszendente-lateralsekretionäre Herkunft des Schwerspates abzuleiten. Zersetzungerscheinungen im Bereich von maximal 5 m (Grube "Clara") reichen keinesfalls aus diese mächtigen Barytkonzentrationen zu erklären.

Barytvorkommen des Ruhrkarbons (PUCHELT 1967) und des Devons

im Rheinischen Schiefergebirge (SCHERP & STRÜBEL 1974) werden in Beziehung zu den noch heute aufsteigenden Ba- und Sr-reichen Solen (Ba bis 2000 mg/l, Sr bis 600 mg/l) gebracht.

Diese Lösungen werden auf Tiefenwässer zurückgeführt, die sich aus zirkulierenden Wässern eines tiefreichenden Wasserkreislaufes und aus Resten von Formationswässern mächtiger bariumführender karbonischer und ordovizischer Schichten ableiten lassen.

Beim allmählichen Aufsteigen des variszischen Gebirges (Rheinische Masse) während des Oberkreide - Alttertiärs kamen die auf Kluftsystemen aufsteigenden Lösungen in Kontakt mit sulfathaltigen Grund- und Kluftwässern, die zur Ausfällung von BaSO_4 führen.

Wenn auch experimentelle Untersuchungen über Löslichkeitsverhältnisse von BaSO_4 und SrSO_4 in wässrigen NaCl-Lösungen diese Theorie für das Rheinische Schiefergebirge unterstreichen, läßt eine regional begrenzte Verbreitung (Schwarzwald), oder das Fehlen (Odenwald und Spessart) mächtiger ordovizischer und karbonischer Sedimente, diese Annahme für die hier untersuchten Gebiete nicht zu.

Azsendente-hydrothermale Hypothese

Die neuen Untersuchungen, gestützt auf regional geologische und geochronologische Daten (WALGER 1950, HOFFMANN 1956, WERNER 1958, GUNZERT 1961, v.GEHELEN 1961 u.a.) konnten die azsendent-hydrothermale Entstehung der Schwerspatlagerstätten nachweisen.

Mineralparagenetische Merkmale, sowie gemeinsame geochemische Parameter der Schwerspatvererzungen und deren Nebengesteine im südwestdeutschen Raum, unabhängig vom Gesteinstyp her, werden in vorliegender Arbeit hervorgehoben. Untersuchungen über die Ausfällungsbedingungen von Schwerspat in hydrothermalen und exogenen Bereichen, zusammen mit den oben angeführten Charakteristiken, unterstreichen die Gültigkeit der hydrothermalen Deutung.

SCHNEIDERHÖHN (1949) vertritt die Hypothese einer "sekundär-hydrothermalen" Lagerstättenbildung. Danach wurde das BaSO_4 alter Lagerstätten, die einer variszischen Hydrothermal-tätigkeit zuzuordnen sind, durch jüngere Thermen heraus-gelöst und in die wieder aufgelebten, ins Deckgebirge durch-gepausten, Spalten abgesetzt.

Auch wenn die von SCHNEIDERHÖHN angeführten Lösungs- und Ausfällungsmechanismen abzulehnen sind (WERNER 1958, v.GEHLEN 1961), unterstreicht v.GEHLEN die Möglichkeit von Umlagerungsvorgängen im mittleren Schwarzwald (Grube "Wittichen").

Aus dem Grundgebirge in den Buntsandstein durchsetzende Barytgenerationen (Grube "Clara"), sowie fehlende Auflö-sungserscheinungen im Schwerspat (HOFFMANN 1956 und eigene Beobachtungen) sprechen u.a. gegen großangelegte Umlagerungs-vorgänge. MURAWSKI (1954) ordnet seinerseits, gestützt auf die Beobachtungen der Barytvorkommen des Spessarts, primär-magmatischen Vorgänge eine größere Rolle zu.

OELSNER (1956), in seiner Auseinandersetzung mit der "sekun-där-hydrothermalen" Hypothese, verweist auf die Lösungs- und Ausfällungsvorgänge wie auch auf die paragenetischen Widersprüche dieser Deutung und beruft seine Erklärung auf Restlösungen eines, durch Assimilation stark veränderten, basaltischen Magmas.

Basaltische Magmen werden sowohl von GEIS (1958), in Zusam-menhang mit den "alten" Barytlagerstätten von Baumholder (Pfalz), als auch von WERNER (1958) für die Lagerstätten des Thüringer Schiefergebirges gebracht. Beide Autoren schließen auf den tertiären Basaltvulkanismus.

Die Genese der meisten "nachvariszischen" Schwerspatgänge Westdeutschlands verknüpft BORCHERT (1967) mit thermalen Restlösungen basaltischer Magmen, ohne dabei die Notwendig-keit einer Assimilation von Sialmaterial für die Zufuhr von Ba, F und SiO_2 anzuführen. Erhöhte Fluorgehalte in Ex-halationen basaltischer Provinzen Islands, sowie Element-kombinationen von Fe-Mn-Co-Ni-As-Ba-F (Cobalt City) und

Mn-Fe-Ba (Afar Rift, BONATTI 1972), generiert durch simatische Magmen, lassen diese Überlegungen als möglich erscheinen.

Die Entstehung der Vorkommen wird mit laramischen oder sogar prä-laramischen Magmatismus in Beziehung gebracht. Umfangreiche Untersuchungen der letzten Jahre (BAUMANN & RÖSSLER 1967, BAUMANN & LEEDER 1969, 1972) beziehen an Hand gemeinsamer struktureller Merkmale und eines gemeinsamen Paragenesestandards die Gesamtheit der mitteleuropäischen Flußspat-Schwerspat-Lagerstätten in einen zeitlichen wie auch räumlich gut definierten minerogenetischen Rahmen. Zwei verschiedenartige, genetisch unterschiedliche Mineralisationszyklen werden in den meisten Vorkommen dieser Art voneinander getrennt: ein variszischer und einen post-variszischer (saxonischer) Zyklus.

Nach den bisherigen mineralparagenetischen, strukturellen und geochemischen Ergebnissen weisen die untersuchten Schwerspatvorkommen innerhalb der drei Ausscheidungsbereiche (kristallines Grundgebirge, Zechstein und Buntsandstein) zeitliche und genetische Zusammengehörigkeiten auf.

Hinsichtlich dieser gemeinsamen Merkmale ist eine Zuordnung der, im mittleren Schwarzwald, Odenwald und Spessart auftretenden Barytvererzungen, in dem, von BAUMANN (1967) ermittelten, "postvariszischen = saxonischen" Mineralisationszyklus gerechtfertigt.

Untersuchungen der Schwefelisotopenverhältnisse von Baryten einiger westdeutscher Vorkommen (v. GEHLEN 1961), die in der gleichen Größenordnung wie die der erzgebirgischen Lagerstätten liegen (BAUMANN 1967), dienen als weitere Hinweise für diese Deutung.

Differentiationsprodukte "simatisch-juveniler" Magmen werden als Ursprung der mineralbildenden Hydrothermen herangezogen, deren Hauptbildungszeit in die kimmerische und subherzyne Phase des Mesozoikums fallen.

Die zeitliche Einstufung beruht auf absoluten Altersdatierungen (U-Pb, K-Ar, Pb-Pb) und Schwefelisotopenbestimmungen

(BAUMANN & LEEDER 1972).

Insgesamt gesehen muß eine Parallelisierung der mineralarmen Kluftvererzungen des nördlichen Odenwaldes (Frankensteiner Gabbro-Dioritzug) mit den oben angeführten Mineralisationszyklen ausgeschlossen werden.

VII. Analysenmethodik

1. Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA)

Zur Bestimmung von Fe, Mn, K, Ba der Pseudomorphosenquarze und Nebengesteine wie von Sr in Schwerspäten wurde ein Gerät Typ Müller-Mikro 111, ein Philips Vakuumspektrograph PW 1540 und die dazugehörigen Elektroneneinheiten benützt. Die Herstellung von Pulvertabletten und Schmelztabletten erfolgte nach der Methode von LEAK et. al. (1969) und MATHEIS (1973).

Die zählstatistischen, apparativen und präparativen Fehler, die als Gesamtfehler bei der RFA-Analyse auftreten wurden nach HAHN-WEINHEIMER & JOHANNIG (1963) rechnerisch ermittelt.

Element	Fehler - Standardabweichung ($\pm$ rel. %)		
	Zählstat.	Apparat.	Präparat.
Fe ₂ O ₃	0,2	0,3	1,5
MnO	1,7	1,9	3,5
K ₂ O	0,9	1,6	3,9
Ba	1,3	2,2	3,4
Sr	0,9	1,1	2,2

Die Fehlerbestimmung wurde nach folgenden Formeln errechnet:

arithmetisches Mittel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x ;$$

Standardabweichung

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{(n-1)}} ;$$

relative Standardabweichung

$$c = \pm \frac{100 s}{\bar{x}} ;$$

$\bar{x}$ = Mittelwert der Meßergebnisse an jeweils 10 Tabletten derselben Substanz

2. Atom-Absorptions-Analyse (AAS)

Die Analysen der Elemente Co, Ni, Pb, Cu, Cr, Zn und Ag wurden auf absorbtionsspektrometrischem Wege mit den Geräten: Typ EEL-Atomic der Firma Evans Elektroselenium/LTD. England und Typ Pye Unicam SP/1900 Atomic-Absorptions-

Spektrophotometers durchgeführt.

Das Probenmaterial wurde durch einen Flußsäure Aufschluß (HF-HClO_4 und etwas HNO_3) in Lösung gebracht.

Für die Bestimmung der Spurenelemente Fe, Pb, Co, Ni, Cu und Zn in Baryten wurde das Analysenmaterial durch Mischen mit Soda (1 Teil Substanz + 5 Teile Soda) in Platintiegeln aufgeschlossen (JANDER & BLASIUS 1969).

Bei der Auswertung der Analysenergebnisse diente neben internationalen Standards ausschließlich die Additions-methode.

Durch die Beimischung von Soda beim Aufschluß der Schwer-späte mußte bei der Analysenauswertung Korrekturen einbezogen werden, die sich durch Verunreinigungen von Fe und Pb im Na_2CO_3 ergaben.

Die Fehlerberechnung ergab eine relative Standardabweichung von: $\pm 3 \%$ für Zn; $\pm 4 \%$ für Co, Ni und Cr; $\pm 5 \%$ für Fe; $\pm 6 \%$ für Ag und $\pm 7 \%$ für Pb.

3. Atom-Emissionsspektral-Analyse

Halbqualitative Untersuchungen bei der Ermittlung eventuell anderer Leitelemente in Schwerspäten wurden mit der Atom-Spektralemissions-Analyse durchgeführt.

Vermischt 1:1 mit Grafitpulver wurden 14 Proben bei katho-discher Schaltung, 10 Amp., 105 sec. Belichtungszeit in Trägerkathoden RW 203 abgebrannt. Zur Verfügung stand ein Gitterspektrograph (Anordnung nach EBERT). Es wurden Foto-platten vom Typ 23/D 56 verwendet.

VII. Literaturverzeichnis.

- AHRENS, L.H. & TAYLOR, S.R.: Spektrochemikal Analysis.-2.Aufl.
Addison-Westley Publishing Company, INC.,
Massachusetts, 1961.
- BAIER, E. & VENZLAFF, V.: Über die Verquarzung von Barytgängen.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 89, 365-376, 1961.
- BARNES, H. & KULLERUD, G.: Equilibria in sulfur-containing
aqueous solutions.-Econ.Geol., 56, 1, 648-688, 1961.
- Geochemistry of hydrothermal ore deposits.-
New Jork, 1967.
- BÄRTLING, R.: Die Schwerspatlagerstätten Deutschlands.-
Ferd.Enke Verlag Stuttgart, 1911.
- BARTZ, J.: Die Schwerspatvorkommen im südlichen Odenwald.-
Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch. (6), 1, 147-176, 1950.
- BAUMANN, L.: Tektonik und Genesis der Erzlagerstätten von
Freiberg (zentralteil).-Freib.Forsch.-H.C 46, 1958.
- & RÖSSLER, H.J.: Zur genetischen Einstufung varis-
tischer und postvaristischer Mineralisationen in
Mitteleuropa.-Bergakademie, 16, H. 11, 660-664, 1967.
- & LEEDER, O.: Paragenetische Zusammenhänge der
mitteleuropäischen Fluorit-Baryt Lagerstätten.-
Freib.Forsch.-H.C 266, 89-99, 1969.
- Zur Minerogenie der Fluorit-Baryt-Lagerstätten in
Mitteleuropa.-Symposium Leoben, 142-159, 1972.
- BONATTI, E., FISCHER, D.E., JOENSUM, O., RYDELL, H.S. & BEYTH, M.:
Iron-Manganese-Barium deposit from the northern
Afar Rift (Ethiopia).-Econ.Geol., 67, 717-731, 1972.
- BORCHERT, H.: Zusammenhänge zwischen Lagerstättenbildung,
Magmatismus und Geotektonik.-Geol.Rdsch., 50, 131-
165, 1960.
- Geosynklinale Lagerstätten, was dazu gehört und
was nicht dazu gehört, sowie deren Beziehung zu
Geotektonik und Magmatismus.-Freib.Forsch.-H.C 79,
7-61, 1960
- Zur Lagerstättenkunde und Geochemie des Mangans.-
Sch.Ges.dt.Metallhütten und Bergleute, H., 22, 41-53,
1969.

- BOLDUAN, H., RICHTER, P. & TISCHENDORF, G.: Ergebnisse von Untersuchungsarbeiten auf Baryt im Gebiet von Schneckenstein (Vogtland).- Z. angew. Geol. 7, 11-19, 1961.
- BÜLTEMANN, H.W. & WUTZLER, B.: Zum Auftreten eines mit Pechblende und Coffinit vererzten Trüms bei Nieder Ramstadt.- Aufschluß, 19, 295-296, 1968.
- BUSCHENDORF, F., RICHTER, M. & WALTER, H.W.: Die Blei-Zink-Erzvorkommen des Ruhrgebietes und seiner Umrandung. Der Erzgang Christian Levin in den Blei-Erz-Feldern König Wilhelm III/IV und Rheinstahl.- Beih. Geol. Jb. H., 28, 1957.
- CHOW, T.J. & GOLDBERG, E.D.: On the marine geochemistry of Barium.- Geochim. et Cosmochim. Acta, 20, 192-198, 1960.
- DEGENS, E.T.: Geochemische Untersuchungen im Nebengestein fluor-barytischer Co-Ni-Bi-Ag-U-Erzgänge des mittleren Schwarzwaldes.- Glückauf, 92, H. 29/30, 842-852, 1957.
- Geochemie der Sedimente.- Ferd. Enke Verlag Stuttgart, 1968.
- DELKESKAMP, R.: Schwerspatvorkommnisse in der Wetterau und Rheinhessen und ihre Entstehung, zumal in den Manganerzlagerstätten.- Notizbl. Ver. Erdk. IV. F. H., 21, 47-83, 1900.
- ENGELHARDT, W.v.: Die Geochemie des Barium.- Chemie der Erde, 10, 187-246, 1936.
- Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen.- E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 1973.
- FETTEL, M.: Ehemaliger Bergbau bei Hohensachsen an der Bergstraße.- Aufschluß, 24, 294-303, 1973 a.
- Die verkieselten Barytgänge bei Reichenbach/Odenwald.- Aufschluß, 24, 402-410, 1973 b.
- Bergbaugeschichte des Odenwaldes.- Aufschluß, 27, 267-280, 1975 a.
- Die Blei- und Kupfererzvorkommen bei Reichenbach im Odenwald.- Aufschluß, 27, 249-254, 1975 b.

- FULLAGAR, P.D., BROWN, H.S. & HAGNER, A.F.: Geochemistry of Wall Rock Alteration and the Roll of Sulfurisation in the Formation of the Knob Sulfide Deposit.- Econ.Geol., 62, 789-825, 1967.
- GARRELS, R.M. & CHRIST, CH.L.: Solutions, Minerals and Equilibria.- Harpers Bros., New York, 1965.
- GEHLEN, K.v., NIELSEN, H. & RICKE, W.: S-Isotopen Verhältnisse im Baryt aus hydrothermalen Gängen im Schwarzwald und jüngeren Barytgängen in Süddeutschland und ihre genetische Beziehung.- Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol., 26, 1189-1207, 1962.
- GEIS, H.P.: Schwerspatlagerstätten an der Oberen Nahe.- Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 81, 284-307, 1953.
- Schwerspat- und Erzgänge am Königsberg bei Wolfstein (Rheinpfalz) und Untersuchungen der Färbung von fleischroten Schwerspaten.- N.Jb.Miner.Mh., 106-130, 1953.
- GOLDSCHMIDT, B.: Sur la precipitation mixte de sulfates de baryum et de strontium.- Comptes rendus de l'Acad. de Sciens, 206, 1938.
- GRAHMANN, W.: Über Barytcolestine und das Verhältnis von Anhydrit zu Colestin und Baryt.- N.Jb.Miner., 1-23, 1920.
- GUNDLACH, H.: Untersuchungen zur Geologie des Strontiums auf hydrothermalen Lagerstätten.- Geol.Jb., 76, 637-712, 1959.
- & STOPPEL, D.: Zur Geologie und Geochemie der Schwerspatlagerstätten im Unterwerra-Grauwacken-gebirge.- Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch., 94, 310-337, 1966.
- & WEISSER, D.: Zur Geochemie der Barytgänge von Dreislar (östliches Sauerland).- Geol.Rdsch., 55, 375-385, 1965.
- GUNZERT, G.: Über das selektive Auftreten der saxonischen Schwerspatvorkommen in Deutschland.- N.Jb.Miner. Mh., 2/3, 25-51, 1961.

- HAHN-WEINHEIMER, P. & ACKERMANN, H.: Quantitative röntgen-spektralanalytische Bestimmung von Kalium, Rubidium, Strontium, Barium, Titan, Zirkonium und Phosphor.- Z.analyt.Chem., 194, 81-101, 1963.
- & JOHANNIG, H.: Geochemische Untersuchungen an magmatischen differenzierten Gesteinskörpern des Südschwarzwaldes.- Beit.Mineral.und Petrogr., 9, 175-197, 1963.
- HEIDE, F. & CHRIST, W.: Zur Geochemie des Strontiums und Bariums.- Chemie der Erde, 16, 327-330, 1953.
- HENGLEIN, M.: Erz und Mineralagerstätten des Schwarzwaldes.- E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 1924.
- HESS, G.: Zum geologisch-tektonischen Rahmen der Schwespatlagerstätten im Südharz und im Spessart.- Geol.Jb. D., 4, 3-65, 1973.
- HINZE, C.: Das Gangsystem der Schwespatgrube "Hoher Trost" im Südharz.- Geol.Jb., 89, 97-134, 1971.
- HOFFMANN, H.: Zur Frage der sekundär hydrothermalen Entstehung der Mineralgänge im Deckgebirge des nördlichen Schwarzwaldes.- Diss.T.H.Karlsruhe, unveröff., 1956.
- JANDER, G. & BLASIUS, E.: Lehrbuch der analytischen und präparativen Chemie.- S.Hirzel Verlag Stuttgart, 1969.
- KLEMM, G.: Erläuterung zur geologischen Karte des Großherzogtums Hessen, 1:25.000, Blatt Neunkirchen, Darmstadt, 1918.
- Über einen silber-kupfer und kobaltführenden Gang bei Nieder-Ramstadt im Odenwald.- Z.f.prakt.Geol., 31, 41-43, 1923.
- KRAATZ-KOSCHLAU, K.v.: Die Barytvorkommen des Odenwaldes.- Abh.großh.hess.geol.L.-Amt, III, H., 2, 55-76, 1897.
- LEAKE, E. et al.: The chemical analysis of rock powders by x-ray fluorescenc.- Chem.Geol., 5, 7-86, 1969.
- LEVIN, P.: Über eine gangförmige Vererzung bei Schriesheim im südwestlichen Odenwald.- Aufschluß, 27, 255-262, 1975.

- LIETZ, J.: Der Grenzbereich Rotliegendes-Zechstein im Gebiet des Spessarts und der Wetterau.- Oberrhein.Geol.Ver. Jahresbericht, Mittl., 49, 129-146, 1967.
- LIST, K.: Die Mineralisation aus den tieferen Sohlen der Grube "Clara".- Dipl.Arbeit, Univ.Freiburg, unveröff., 1969.
- MATHEIS, G.: Geochemische und petrographische Untersuchungen im Migmatitzug nordöstlich Gadernheim/Odenwald.- Diss.Univ.München, 1974.
- MASON, B.: Principles of geochemistry.- New York, 1958.
- MEISL, S.: Uranmineralisation und begleitende Erzparagenesen im Odenwald.- Aufschluß, 27, 245-248, 1975.
- MESSER, E.: Kupferschiefer, Sanderz und Kobaltrücken im Richelsdorfer Gebirge (Hessen).- Hess.Lagerstarch., H., 3, 1955.
- MÜLLER, G.: Zur Geochemie des Strontiums in ozeanen Evaporiten und besondere Berücksichtigung der sedimentären Coelestinlager von Hemmelte-West (Süd Oldenburg).- Geologie, Beitr., 35, 1-90, 1962.
- MURAWSKI, H.: Bau und Genese von Schwerspatlagerstätten des Spessarts.- N.Jb.Geol.Pal.Mh., 145-163, 1954.
- Zur Frage durchgepauster Tektonik.- Geol.Rdsch., 48, 260-271, 1959.
- NOLL, W.: Geochemie des Strontiums mit Bemerkungen des Bariums.- Chemie der Erde, 8, 507-600, 1934.
- OKRUSCH, M. & WEINELT, W.: Erläuterung zur geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr.5921, Schöllkrippen, München, 1965.
- OELSNER, O.: Zur Frage der Entstehung der saxonischen Lagerstätten, speziell auf den Randspalten des Thüringer Waldes.- Geologie, 5, 685-694, 1956.
- PILGER, A. & WEISSER, D.: Die Barytgänge der Grube Dreislar im östlichen Sauerland.- Erzmetall, 18, 327-334, 1965.
- PUCHELT, H. & MÜLLER, G.: Mineralogisch-geochemische Untersuchungen an Coelestinbaryt mit sedimentärem Gefüge.- Developments of Sedimentology, Vol., 2, 143-156, 1964.

- PUCHELT, H.: Zur Geochemie des Bariums im exogenen Zyklus.-
Sitzungsber. Heid. Ak. Wiss. Math.-nat. Kl., 4, Abh.,
85-286, 1967.
- RAMDOHR, P.: Ein Silberkobalterzgang mit Kupfererzen von
Nieder-Ramstadt bei Darmstadt.- Notizbl. Ver. Erdk.,
(V), 6, 164-192, 1924.
- Die Erzminerale und ihre Verwachsungen.- 2. Aufl.,
Akademie Verlag Berlin, 1955.
- Lehrbuch der Mineralogie.- 15. Aufl., Ferd. Enke
Verlag Stuttgart, 1967.
- Erzmikroskopie.- Aufschluß, 20, 178-183, 1969.
- RANKAMA, K. & SAHAMA, T. G.: Geochemistry.- Chicago, 1950.
- SAUKOV, A. A.: Geochemie.- Berlin, 1962.
- SCHERP, A. & STRÜBEL, G.: Zur Barium und Strontium Minerali-
sation.- Mineral. Deposita, Vol., 9, 155-168, 1974.
- SCHMITT, H. H.: Equilibrium Diagrams for Minerals at low
Temperatures and Pressures.- Geol. Club of Harvard.
Cambridge, Massachusetts, 1962.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Schwerspatgänge und pseudomorphosen Quarz-
gänge in Westdeutschland.- N. Jb. Miner. Geol. Pal.
Mh., Abh. A, 191-202, 1949.
- Fortschritte in der Erkenntnis sekundär-hydrother-
malen und regenerierten Lagerstätten.- N. Jb. Miner.
Mh., 223-237, 1953.
- Erzlagerstätten-Kurzvorträge.- 4. Aufl., Gustav
Fischer Verlag Stuttgart, 1962.
- SCHRÖCKE, H.: Grundlagen der magmatogenen Lagerstättenbildung.-
Ferd. Enke Verlag Stuttgart, 1973.
- STARKE, R. & RENTZSCH, J.: Geochemische Untersuchungen des
Nebengesteins einiger Freiburger Gangformationen.-
Geologie, 8, 394-409, 1959.
- & RÜLICHE, D.: Eine Methode zur flammenphoto-
metrischen und röntgenographischen Bestimmung von
Strontium und Kalzium im Baryt.- Bergakademie, 13,
505-511, 1961.
- Die Strontiumgehalte der Baryte.- Freib. Forsch.-H.,
C 150, 1964.

- STRECKER, G.: Die Uranmineralisation am Wingertsberg bei
Nieder Ramstadt.- Notizbl.hess.L.-Amt Bodenforsch.,
99, 286-296, 1972.
- TEUSCHER, E.O. & WEINELT, W.: Die Metallogenese im Raum Spessart-
Fichtelgebirge-Oberpfälzer Wald-Bayerischer Wald.-
Geol.Bav., 65, 5-73, 1972.
- THIENHAUS, R.: Die Schwerspatgänge des Richelsdorfer Gebirges.-
Z.f.angew.Mineral., 3, 21-52, 1941.
- TISCHENDORF, G.: Paragenetische und tektonische Untersuchungen
auf Gängen der fluorbarytischen Bleiformationen
Freibergs, insbesondere am Halsbrückner Spat.-
Freib.Forsch.-H., C 18, 1955.
- Fortschritte bei Untersuchungen über die Spuren-
elementgehalte im Baryt.- Geologie, 11, 1052-1058, 1962.
- Über SrSO_4 - Gehalte im Baryt als Kriterium für
dessen Bildungsbedingungen.- Sympos.Probl.Postmagm.
ore Depos., 1, 225-229, Prag, 1963.
- WALGER, E.: Über die Odenwälder Schwerspatgänge und ihre
Entstehung.- Aufschluß, 2, Sonderheft, 1955.
- WEDEPOHL, K.H.: Handbook of Geochemistry.- II, 3, 1972.
- WEINELT, W.: Erläuterung zur geologischen Karte von Bayern
1:25.000, Blatt Nr.6021, Haibach, München, 1962.
- WERNER, C.D.: Geochemie und Paragenese der saxonischen
Schwerspat-Flußspat Gänge im Schmalkander Revier.-
Freib.Forsch.-H., C 47, 1-120, 1958.

Tab.8: Elementkonzentrationen in Baryten

Nr.	SrSO ₄ %	PbSO ₄ ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	Ni ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
CL -24	3,11	28	154	9,2	10,9	3	7
CL -25	2,43	37	67	7,6	12,0	7	-
CL -26	2,18	44	67	7,2	16,9	9	-
CL -27	3,16	35	101	9,2	13,2	14	-
CL -28	2,97	32	256	7,5	43,8	2	21
CL -29	2,12	33	142	8,4	12,8	16	-
CL -30	3,38	30	41	6,4	9,2	23	6
CL -31	2,37	36	19	8,4	22,4	34	8
CL -32	2,93	40	89	7,6	12,0	30	-
CL -33	2,13	21	125	5,5	12,6	6	6
CL -34	1,98	28	204	7,6	16,4	22	-
CL -35	2,38	26	182	7,2	11,2	14	-
CL -36	2,99	30	60	9,2	11,2	9	-
CL -37	2,45	33	143	6,4	8,4	8	-
CL -38	2,73	27	220	7,2	10,3	10	10
CL -39	2,93	28	243	8,2	11,2	17	12
CL -40	2,42	35	170	3,9	16,2	12	-
CL -41	3,08	42	200	4,8	8,4	22	8
CL -42	3,18	34	180	5,2	10,3	16	-
CL -43	2,95	36	240	6,2	12,2	14	10
CL -44	1,98	39	153	7,2	18,3	5	-
CL -45	2,55	40	140	9,3	14,4	8	-
CL -46	2,32	29	203	3,2	12,2	4	-
CL -47	2,63	31	198	5,2	10,0	-	6
CL -48	2,37	34	134	6,4	9,2	3	-
CL -49	2,42	25	223	7,1	19,6	8	10
CL -50	2,51	39	142	8,4	19,6	4	-
CL -51	3,05	37	67	4,8	11,2	8	-
CL -52	2,12	33	278	8,8	16,8	39	-
CL -53	2,18	33	182	9,2	16,0	51	19
CL -54	2,58	23	264	10,0	16,9	48	14
CL -55	2,49	47	163	8,4	14,8	92	5
CL -56	2,62	37	122	8,8	16,8	101	-

Tab.8: Fortsetzung

Nr.	SrSO ₄ %	PbSO ₄ ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	Ni ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
CL -57	2,15	26	137	8,7	9,1	180	12
CL -58	2,54	43	298	10,8	17,6	273	27
CL -59	2,38	37	115	7,2	16,0	225	35
CL -60	3,15	47	209	16,8	28,4	63	7
CL -61	1,97	19	137	6,2	19,6	72	20
CL -62	4,02	38	41	9,2	7,6	2	-
CL -63	4,27	37	55	7,6	10,8	3	-
CL -64	4,50	36	48	7,2	9,6	4	-
CL -65	3,94	17	189	7,2	8,3	2	-
CL -66	2,36	26	158	6,6	12,1	108	21
CL -67	2,04	25	74	8,4	15,6	99	33
CL -68	2,88	14	206	10,0	15,1	48	8
CL -69	3,74	21	197	9,9	12,2	131	29
CL -70	3,41	25	129	8,2	10,6	50	10
CL -71	3,22	28	132	6,4	9,2	8	9
CL -72	2,27	14	221	5,9	11,1	14	19
CL -73	2,41	35	218	7,7	20,1	16	9
F - 1	1,82	54	223	8,3	11,6	24	2
F - 2	3,83	44	278	7,0	15,0	18	17
F - 3	1,86	25	653	7,3	12,5	-	3
H - 1	0,76	32	249	3,8	37,5	20	7
H - 2	1,68	45	389	-	32,1	-	-
H - 3	2,34	36	432	4,8	15,8	21	6
CR - 1	2,60	44	223	6,0	21,2	5	-
CR - 2	2,65	40	129	6,4	25,6	4	-
CR - 3	2,63	40	312	7,6	17,2	7	-
CR - 4	3,02	42	101	8,8	13,6	3	-
CR - 5	2,51	43	108	6,8	11,6	3	-
CR - 6	2,49	39	94	7,6	17,6	5	-
CR - 7	2,57	43	271	7,6	20,0	6	-
CR - 8	2,59	25	197	7,0	11,3	6	-
CR - 9	2,92	45	142	6,8	15,2	4	-
CR -10	2,68	37	163	6,4	15,2	4	-

Tab.8: Fortsetzung

Nr.	SrSO ₄ %	PbSO ₄ ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	Ni ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
CR -11	2,82	39	293	6,8	16,8	4	-
CR -12	2,51	43	108	6,8	11,6	3	8
CR -13	2,26	51	55	5,2	8,4	4	-
CR -14	4,02	39	72	7,2	8,8	-	9
CR -15	3,63	34	67	6,8	8,0	-	-
CR -16	3,02	39	120	7,0	8,5	3	-
CR -17	3,27	37	170	5,6	7,2	3	-
CR -18	3,16	42	98	7,2	10,8	3	9
CR -19	3,16	38	74	7,2	8,4	4	8
CR -20	3,39	24	88	6,7	19,6	-	6
CR -21	3,73	39	72	7,2	8,8	-	-
CR -22	3,52	36	68	6,3	7,2	-	-
CR -23	3,20	38	89	4,2	10,2	4	-
CR -24	3,25	40	112	-	7,2	-	-
FD - 1	2,63	19	77	6,3	10,3	16	15
FD - 2	2,73	11	102	6,5	14,2	7	12
HW - 1	1,59	17	181	13,0	9,6	4	-
HW - 2	2,31	20	158	14,2	4,3	-	-
OOS- 1	3,04	31	686	8,4	12,8	-	-
OOS- 2	2,80	17	724	6,1	10,5	27	4
OOS- 3	2,46	30	88	6,8	10,8	-	-
OOS- 4	2,07	31	108	7,2	8,4	-	-
OOS- 5	2,11	21	245	6,7	6,7	22	12
OOS- 6	2,13	34	101	7,2	20,8	23	-
OOS- 7	1,62	27	55	6,0	14,4	10	-
OOS- 8	2,04	29	74	7,2	12,4	-	-
OOS- 9	2,44	29	38	5,6	11,2	-	-
OOS-10	2,13	32	206	8,1	9,9	8	33
OOS-11	2,18	23	82	8,1	15,2	-	-
OOS-12	2,20	22	50	6,4	9,8	-	-
OOS-13	2,31	18	60	7,8	9,8	15	-
OOS-14	2,72	28	91	7,4	14,2	3	-
OOS-15	2,53	31	103	7,3	12,8	-	-

Tab.8: Fortsetzung

Nr.	SrSO ₄ %	PbSO ₄ ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	Ni ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
OOS-16	3,10	22	244	8,2	11,0	-	-
OOS-17	2,98	17	298	6,8	10,4	6	9
B - 1	1,41	21	125	4,0	14,8	16	4
GB - 1	3,03	21	139	6,6	8,4	7	15
GB - 2	2,26	22	182	3,6	15,6	-	-
GB - 3	2,45	18	264	4,6	14,8	9	-
GB - 4	2,91	30	571	8,8	13,2	31	-
GB - 5	3,10	25	283	7,9	10,6	2	6
GB - 6	2,79	30	139	7,2	13,6	8	-
GB - 7	2,85	30	156	5,6	13,2	-	-
GB - 8	2,96	33	401	5,6	14,4	-	-
GB - 9	3,07	29	583	6,8	13,2	-	-
GB -10	3,79	25	41	6,8	14,4	-	-
GB -11	3,01	21	708	8,3	11,5	6	7
GB -12	2,57	31	686	7,2	12,4	-	-
GB -13	2,84	25	423	6,0	6,3	-	-
GB -14	2,20	23	645	7,3	8,5	3	5
GB -15	2,63	19	520	4,3	11,5	22	-
GB -16	2,79	16	448	8,5	19,5	9	3
GB -17	2,47	20	283	5,6	10,3	-	-
GB -18	2,62	17	149	7,0	8,4	5	4
GB -19	3,21	24	390	7,2	13,2	8	4
OK - 1	1,91	24	148	9,0	8,0	2	6
OK - 2	1,98	25	141	8,5	7,2	9	9
OK - 3	1,59	14	154	6,2	7,6	2	11
OK - 4	1,12	25	305	6,7	7,6	10	7
OK - 5	2,13	24	101	6,5	7,9	15	10
OK - 6	1,62	25	55	5,6	7,2	-	-
OK - 7	2,04	32	74	9,6	10,8	-	-
OK - 8	2,44	23	45	7,6	9,2	-	-
W - 1	2,29	35	278	5,0	5,0	10	13
GU - 1	1,87	35	257	5,8	7,8	10	6
GU - 2	2,24	33	187	4,3	6,2	7	-

Tab. 8: Fortsetzung

Nr.	SrSO ₄ %	PbSO ₄ ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	Ni ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
KU - 1	2,14	32	98	11,5	13,5	37	8
HG - 1	2,80	25	708	7,0	6,7	2	9
US - 1	2,32	49	264	9,7	3,4	15	11
G - 1	1,95	14	283	9,0	9,0	24	5
R - 1	3,74	31	83	5,1	17,9	7	12
R - 2	3,73	21	158	6,5	9,3	3	-
R - 3	4,22	30	53	8,0	9,6	-	-
R - 4	3,57	38	41	7,2	14,8	-	-
NB - 1	4,28	17	172	7,1	8,8	10	-
NB - 2	3,98	21	127	7,3	9,4	-	-
NB - 3	4,58	29	50	7,2	9,2	9	-
WB - 1	4,02	32	72	5,1	18,2	-	-
HR - 1	2,38	35	645	9,6	13,3	-	-
HR - 2	2,21	28	787	15,2	28,0	-	-
HR - 3	2,35	36	729	14,0	15,0	6	-
HR - 4	0,48	62	253	10,0	10,0	5	-
HR - 5	1,12	41	431	13,2	11,0	6	-
HR - 6	1,28	46	512	15,0	9,0	-	-
WD - 1	3,46	30	148	8,0	15,2	14	-
WD - 2	3,35	26	48	6,8	12,0	12	-
WD - 3	3,24	35	283	7,8	7,8	9	9
WD - 4	3,32	27	170	6,4	9,6	-	-
WD - 5	4,28	29	45	8,0	11,2	-	-
WD - 6	3,67	28	163	11,9	11,6	-	7
WD - 7	3,27	28	82	6,4	11,2	-	-
WD - 8	3,85	26	129	7,2	8,4	-	-
WD - 9	3,57	28	190	8,3	6,0	-	-
WD - 10	3,49	34	225	8,0	7,2	4	-
WD - 11	3,72	29	218	10,1	8,3	21	4
WD - 12	3,84	38	248	10,2	8,0	14	-
EB - 1	3,48	25	214	8,5	14,9	4	12
EB - 2	3,40	16	180	7,1	10,8	-	5
EB - 3	3,32	18	190	8,3	10,9	-	-

Tab.8: Fortsetzung

Nr.	SrSO ₄ %	PbSO ₄ ppm	Fe ₂ O ₃ ppm	Ni ppm	Co ppm	Cu ppm	Zn ppm
EB - 4	2,98	26	240	7,2	13,2	-	-
EB - 5	2,84	24	232	6,4	12,3	-	-
HI - 1	1,97	28	410	6,4	15,0	7	-
HI - 2	2,02	27	280	5,2	14,0	3	-
HI - 3	3,21	23	220	7,4	15,2	-	-
GD - 1	2,32	28	110	6,4	14,0	2	-
GD - 2	2,46	29	220	8,7	17,2	-	-
GD - 3	2,21	27	180	7,2	10,8	-	-
GD - 4	2,34	31	243	6,1	16,5	-	-
SCH- 1	4,36	21	185	7,1	7,5	5	-
SCH- 2	3,92	31	220	8,4	8,0	-	-
SCH- 3	2,14	27	214	5,0	11,2	-	-
DR - 1	3,03	21	197	4,7	9,1	-	-
DR - 2	2,74	35	77	6,0	8,2	-	-
DR - 3	2,83	24	184	-	10,2	-	-
DR - 4	2,64	32	232	-	7,3	-	-
CT - 1	1,87	25	566	9,2	22,2	6	-
CT - 2	3,16	24	377	7,3	17,3	5	-
CT - 3	2,02	28	321	6,4	24,4	-	-
CT - 4	3,21	23	303	5,2	14,2	2	-
V - 1	5,65	17	120	7,9	11,4	-	-
V - 2	5,50	14	150	-	10,0	-	-
RT - 1	6,12	26	26	6,4	6,5	-	-
RT - 2	5,93	32	19	6,8	7,2	-	-
RT - 3	5,42	26	48	5,6	6,4	8	-
GR - 1	6,18	24	56	8,2	9,3	-	-
BH - 1	1,88	25	108	7,3	9,2	-	8
BH - 2	2,03	31	123	9,2	10,3	4	7
BH - 3	1,28	26	146	7,9	9,6	-	5

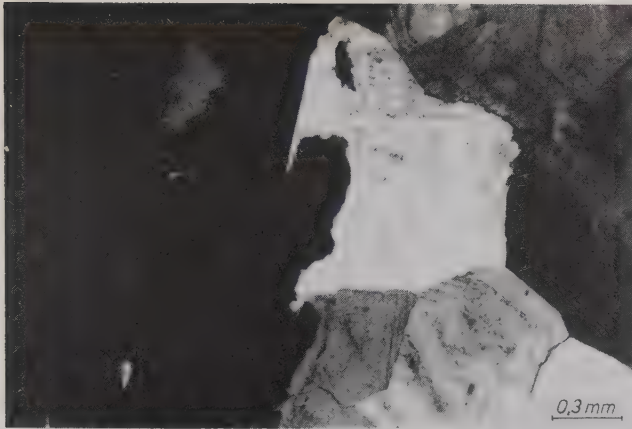


Abb.1: Flußspat (grauweiß) verdrängt Schwerspat (schwarz).
Grube "Clara" bei Oberwolfach, 9. Stollen (Schwarz-
wald).

Vergr: 10:1, + N, Schliff Cl-10.

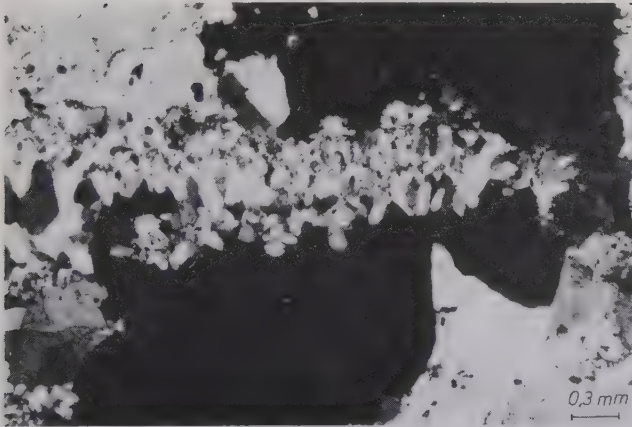


Abb.2: Quarz (weiß - hellgrau) verdrängt Schwerspat (schwarz)
auf Kristallkorngrenzen. Ober Ostern (Odenwald).

Vergr: 10:1, + N, Schliff OOS-1.

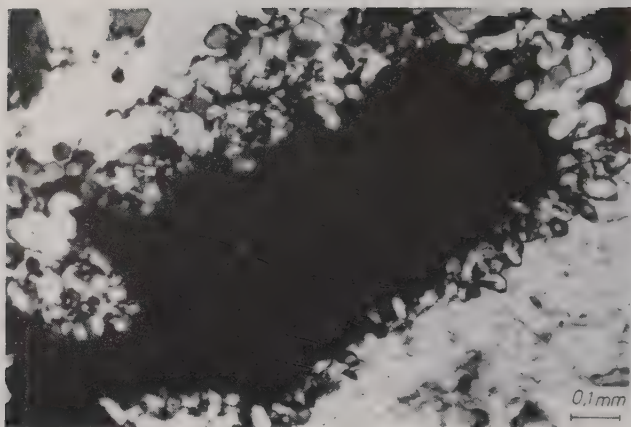


Abb.3: Beginnende pseudomorphe (Umhüllungspseudomorphose) Verdrängung von Schwerspat (schwarz) durch feinkörnigen sekundär mobilisierten Quarz (weiß). Ursenbach (Odenwald). Vergr: 40:1, + N, Schliff US-1b.

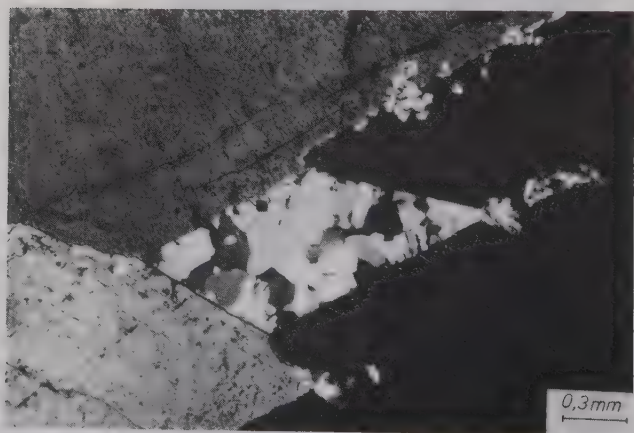


Abb.4: Endstadium der von Korngrenzen ausgehende pseudomorphe Verdrängung von Schwerspat (grau - schwarz) durch Quarz (weiß). Ober Ostern (Odenwald). Vergr: 10:1, + N, Schliff OOS-1.



Abb. 5: Parallel angelegte kataklastische Rissbildungen im Schwerspat, die durch sekundär mobilisierten feinkörnigen Quarz ausgeheilt sind. Groß Biberau (Odenwald).

Vergr: 10:1, + N, Schliff GB-7.

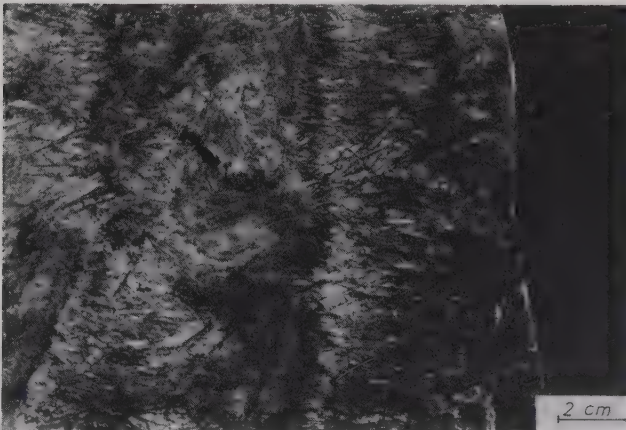
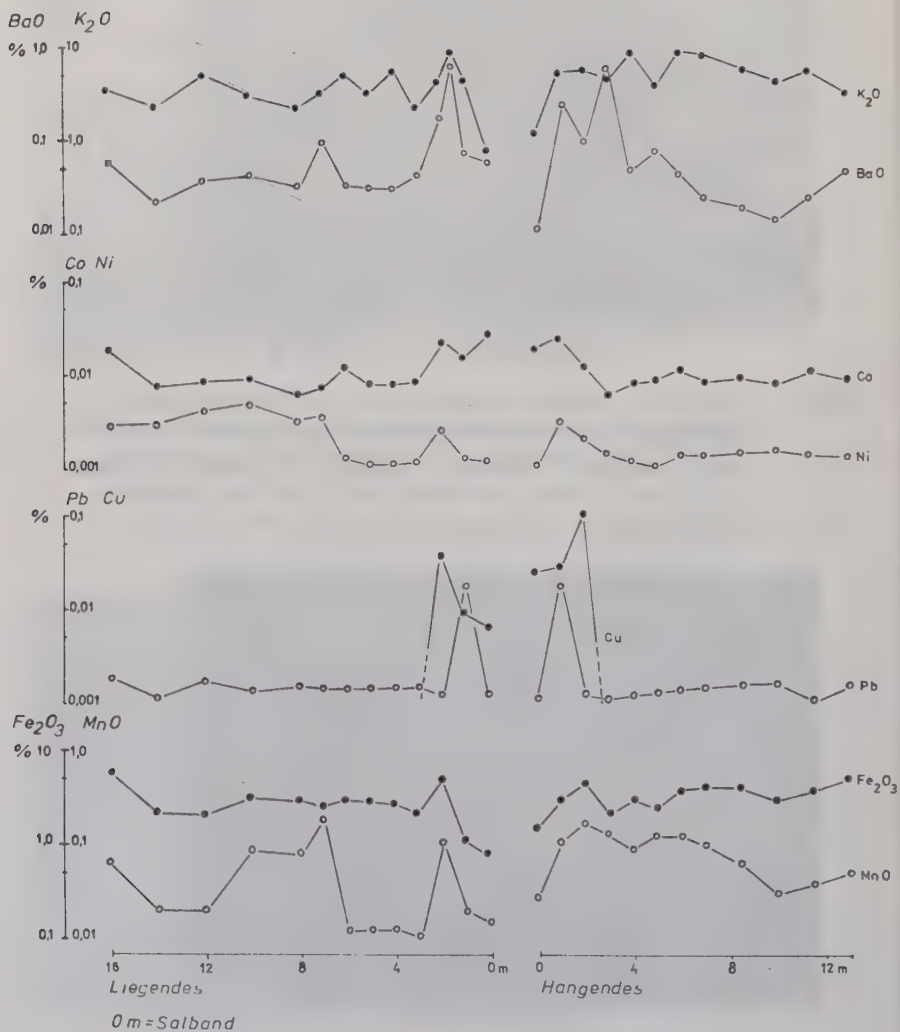
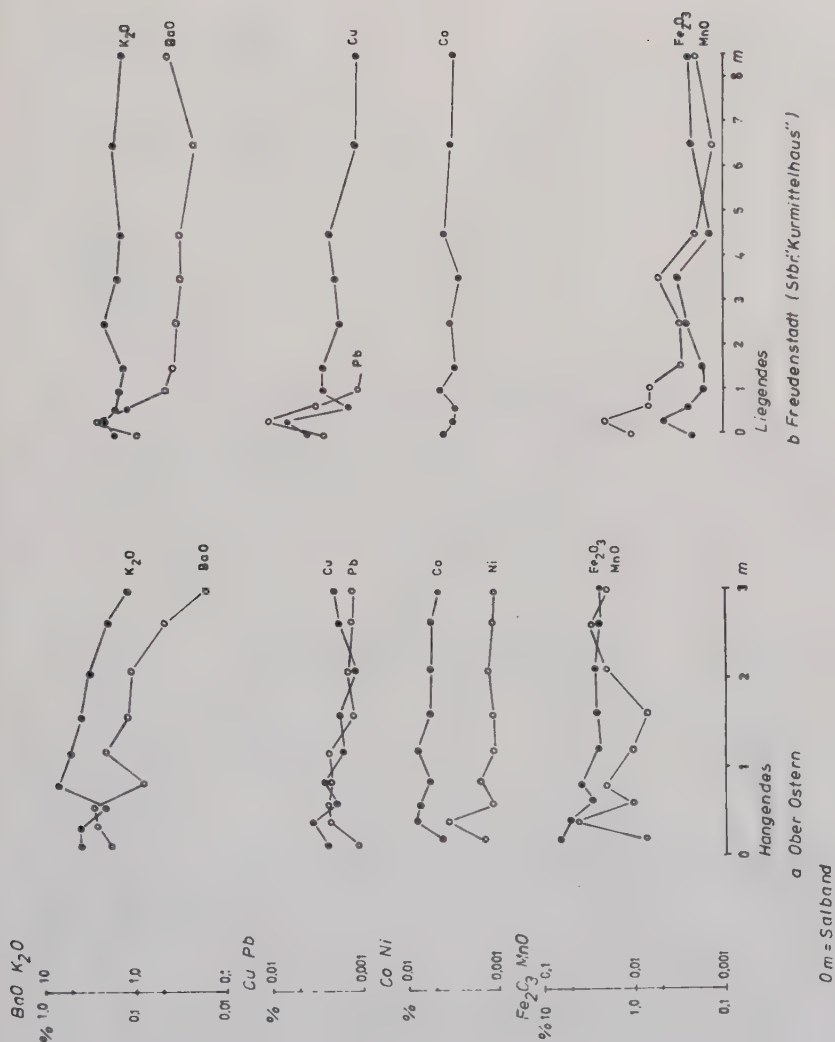


Abb. 6: Makroskopische Aufnahme eines vollständig durch Quarz verdrängten Schwerspatganges-"Pseudomorphosenquarz". Strahlig ausgebildete Pseudomorphosenquarze (rechts), wechseln mit helleren, massig erscheinendem Quarzband (Bildmitte oben). Zierstein-Reichenbach (Odenwald).

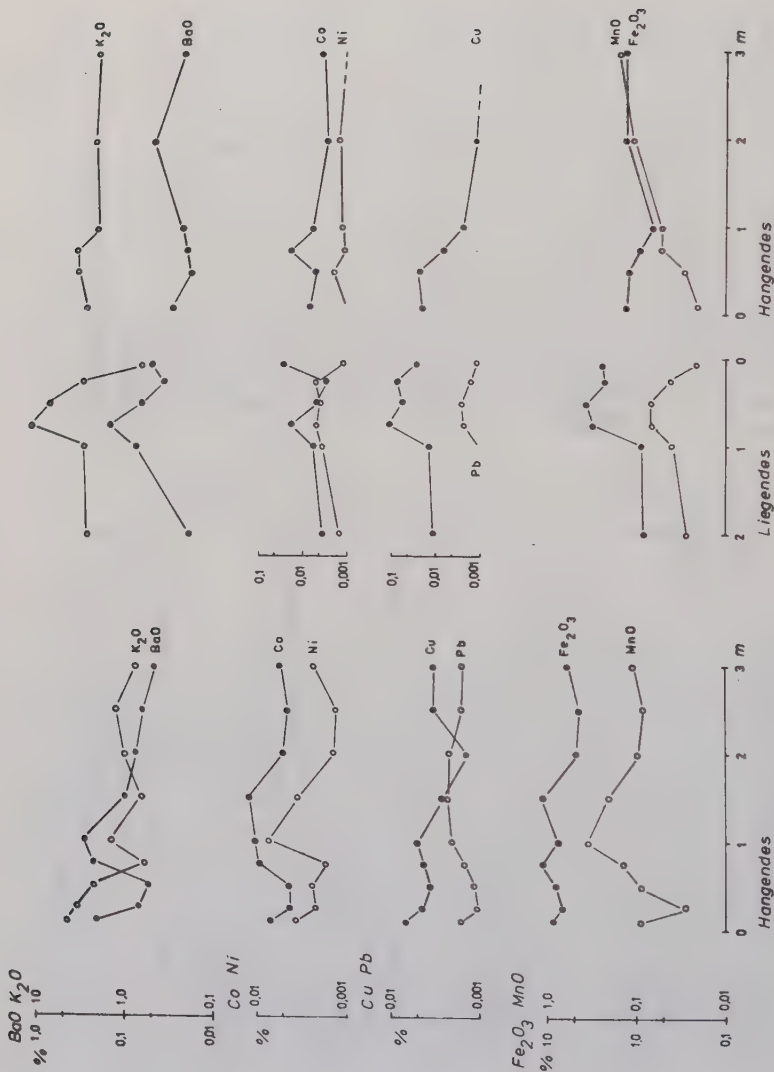
Tafel 4



Die Verteilung von Fe₂O₃, MnO, Pb, Cu, Co, Ni, BaO und K₂O in dem Nebengestein des "Clara"-Ganges bei Oberwolfach (Schwarzwald).



Die Verteilung von Fe_2O_3 , MnO , Pb , Cu , Co , Ni , BaO und K_2O in den Nebengesteinen der Schwespatgänge von Ober Ostern (Odenwald) und Freudenstadt/Steinbruch Kurmittelhaus (Schwarzwald).



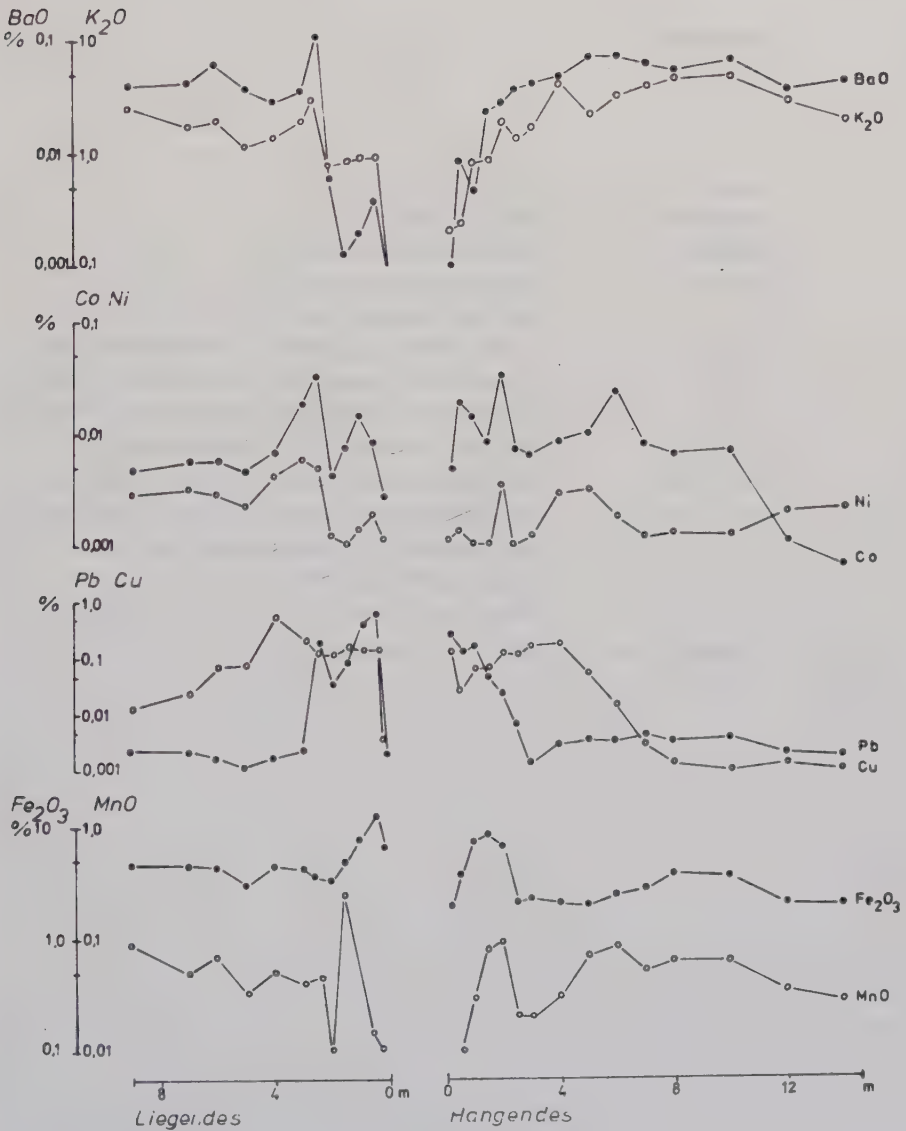
a. Groß Biberau (Stbr. "Forstberg")

b. Auerbacher Schloß

0 m = Salband

Die Verteilung von Fe_2O_3 , MnO , Pb , Cu , Co , Ni , BaO und K_2O in den Nebengesteinen des Schwerspatganges von Groß Biberau/Steinbruch Forstberg (Odenwald) und des "Pseudomorphosenquarz"-Ganges östlich vom Auerbacher Schloß (Odenwald).

Tafel 7



0 m = Salband

Die Verteilung von Fe₂O₃, MnO, Pb, Cu, Co, Ni, BaO und K₂O in dem Nebengestein des Reichenbacher "Pseudomorphosenquarz"-Ganges (Odenwald).

Lebenslauf

Name: Hans Jürgen Fazakas
Geburtstag: 26.03.1944
Geburtsort: Hermannstadt/Rumänien
Eltern: Albert Fazakas und
Maria Fazakas, geb.Gräfin
Schulen: 1951-1958 Grundschule Hermannstadt/Rum.
1958-1962 Gymnasium Hermannstadt/Rum.
Studium: 1962-1967 Geologiestudium an der "Babes-
Bolyai" Universität Klausenburg/Rum.
Berufsweg: September 1967-März 1973 bei I.F.L.G.S.
Bukarest/Rum. (Unternehmen für Bohrungen
und spezielle geologische Arbeiten)
Wehrdienst: Februar-August 1968
Seit Juni 1973 in der Bundesrepublik
Dissertation: Beginn November 1973



